

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Ensaio para uma Modelação 3D e Realidade Aumentada do IGOT para o Campus da
Universidade de Lisboa**

Edgar Filipe Alves Gonçalves

Relatório de estágio orientado pelo Prof. Doutor Paulo Morgado

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial aplicados ao
Ordenamento

2021

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Ensaio para uma Modelação 3D e Realidade Aumentada do IGOT para o Campus da
Universidade de Lisboa**

Edgar Filipe Alves Gonçalves

Relatório de estágio orientado pelo Prof. Doutor Paulo Morgado

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial aplicados ao
Ordenamento

Júri:

Presidente: Professor Doutor Ricardo Alexandre Cardoso Garcia do Instituto de Geografia e
Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Professor Doutor José Alberto Álvares Pereira Gonçalves do Departamento de Geociências,
Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

- Doutora Ângela Cristina Carvalho Silva Santos do Instituto de Geografia e Ordenamento do
Território da Universidade de Lisboa

- Professor Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa do Instituto de Geografia e Ordenamento do
Território da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

Quero agradecer ao professor Doutor Paulo Morgado por toda a atenção e apoio ao longo deste trabalho e também por ter dado a força necessária para desenvolver este. Deixo também um agradecimento ao Rui Santos por também ajudar nesta etapa ter sempre o apoio dele no desenvolvimento do trabalho tal como a ESRI Portugal por terem ajudado o máximo possível assim como fornecerem as ferramentas necessárias para desenvolver este. Por último, deixo um agradecimento especial à direção do IGOT pela disponibilização dos dados pois não seria possível a realização deste trabalho sem estes.

Agradeço também à minha família por ter apoiado sempre neste percurso, quer nos bons e maus momentos e também aos meus colegas da faculdade, nomeadamente o Sávio, Vítor e Júlio que acompanharam neste caminho e que me puxaram sempre para fazer o melhor possível.

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iv
Abstract.....	v
Introdução.....	1
Enquadramento de Estágio	3
Capítulo 1 – Estado da Arte	4
1.1 - <i>Smart City</i>	5
1.2 - <i>Smart Buildings</i>	9
1.3 - Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	11
Capítulo 2 – Modelo Conceptual	14
2.1 - Caso de Estudo	15
2.2 – Dados e métodos	17
2.3 – Racional do modelo 3D e de Realidade aumentada do IGOT-ULisboa	18
Capítulo 3 – Curadoria dos dados	21
3.1 – Planta do edifício	22
3.2 – Rede infraestrutural.....	25
3.3 – Pontos de Interesse.....	26
3.4 – Ficheiro de configuração da base de dados	27
Capítulo 4 – Desenvolvimento do modelo 3D e de Realidade aumentada do edifício do IGOT	29
4.1 – Criação da base de dados	30
4.2 – Criação dos Pontos de Interesse	32
4.3 – Criação da Rede de acesso ao edifício	35
4.4 – Criação da Rede AVAC	39
4.5 – Modelo 3D	40
4.6 – Criação do modelo <i>Mobile</i>	42
4.7 – Configuração da aplicação <i>online</i> dos modelos <i>Indoors/Mobile</i>	42
4.7.1 – Preparação e partilha do mapa 2D.....	43
4.7.2 - Preparação e partilha do mapa 3D.....	44
4.7.3 - Preparação e partilha da rede	45
4.7.4 - Preparação e partilha da aplicação <i>mobile</i>	47
4.7.5 – Setup da aplicação <i>WEB</i>	49
Capítulo 5 – Resultados	52
5.1 - Modelo <i>Web</i>	54
5.2 - Modelo <i>Mobile</i>	59
Considerações Finais	61
Bibliografia	67
Anexos.....	70

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Constituição das principais unidades do edifício.....	16
Tabela 2 – Equipamentos de suporte e emergência	17
Tabela 3 - Dados utilizados sobre o edifício.....	18
Tabela 4 - Nome e características de cada layer dos ficheiros CAD	23
Tabela 5 - Resultados da Georreferenciação do edifício	24
Tabela 6 - Subcategorias usadas para os pontos de interesse	33
Tabela 7 - Estrutura da informação dos pontos de interesse	34
Tabela 8 - Visibilidade, Hierarquia e Constituição dos temas necessários para a partilha do mapa 2D indoors	43
Tabela 9 - Visibilidade e Hierarquia dos temas necessários para a partilha do mapa 3D indoors	44
Tabela 10 - Visibilidade e Hierarquia dos temas necessários para a partilha do mapa mobile.....	47
Tabela 11 – Esquemática da pré-visualização do pop-up dos pontos de interesse	49

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL).....	15
Figura 2 - Esquema metodológico	20
Figura 3 - Constituição original das paredes da planta do edifício	22
Figura 4 - Diferenças entre a planta do edifício (Esquerda: Original; Direita: Alterações).....	22
Figura 5 - Rede AVAC de Insuflação do piso 1 (Azul).....	25
Figura 6 - Uso da plataforma " <i>Momento360</i> " de partilha de fotografias 360° do edifício.....	26
Figura 7 - Integração das fotografias 360° no tema dos pontos de interesse.....	27
Figura 8 - Esquema da base de dados indoors	30
Figura 9 - Output da malha preliminar.....	36
Figura 10 - Processo de criação da transição entre pisos	37
Figura 11 - Constituição da Rede Final	38
Figura 12 - Rede de AVAC do piso 2.....	39
Figura 13 - Configuração dos campos das unidades, detalhes e níveis.....	40
Figura 14 - Mapa 3D do IGOT	41
Figura 15 - Esquema do mapa da rede na tabela de conteúdos.....	45
Figura 16 - Configuração de partilha do mapa da rede.....	46
Figura 17 - Tabela de conteúdos <i>Online</i> do mapa 2D.....	50
Figura 18 - Configurador do ArcGIS <i>Indoors Web</i>	51
Figura 19 - Layout do modelo <i>web desktop</i> do ArcGIS <i>Indoors</i>	54
Figura 20 - Funcionalidade " <i>Explore</i> " e " <i>My places</i> " do ArcGIS <i>Indoors Web</i>	55
Figura 21 - Sistema de rotas da aplicação Web ArcGIS <i>Indoors</i>	56
Figura 22 - Visualizador 3D do ArcGIS <i>Indoors</i>	56
Figura 23 - Aba correspondente à informação dos pontos de interesse.....	57
Figura 24 - Funcionalidade de pesquisa do ArcGIS <i>Indoors Web</i>	57
Figura 25 - Funcionalidade das redes infraestruturais do edifício no ArcGIS <i>Indoors</i>	58
Figura 26 - Esquemática e funcionalidade do ArcGIS <i>Indoors Web Mobile</i>	59
Figura 27 - Esquemática e funcionalidade do ArcGIS <i>Indoors Mobile</i> para <i>Smartphones</i>	60

Resumo

As cidades e as suas respetivas infraestruturas têm sido o principal motor para o desenvolvimento das sociedades, estas sendo espaços de concentração de pessoas, atividades económicas, interações sociais e culturais, são também por isso os espaços por excelência de produção de conhecimento e o foco da criatividade e da inovação. Todavia, as cidades enfrentam atualmente os maiores desafios alguma vez sentidos eg. alterações climáticas, pobreza, segregação e exclusão social, envelhecimento, impermeabilização do solo, poluição do ar e da água, ruído, consumo desmedido de energia e de recursos naturais, produção de lixo não reutilizável, exequibilidade de espaços verdes e crescente vulnerabilidade a riscos naturais e tecnológicos, e uma vulnerabilidade a doenças epidemiológicas. Para combater estes problemas, tem sido cada vez mais aplicado o uso generalizado e intensivo da tecnologia, nomeadamente das TI (Tecnologias de Informação) combinadas com as geotecnologias, eg. GPS, SIG e Detecção Remota, para fornecer serviços mais eficazes, sustentáveis e centrados nas pessoas e suas necessidades. Este relatório de estágio tem como principal objetivo a criação de uma metodologia que combine estas tecnologias para a realização de uma geografia de microescala, através da modelação de espaços interiores de edifícios. O caso de estudo apresentado é o edifício do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT-UL), e o modelo criado, desenvolvido e implementado consistiu na captura e aquisição de informação geográfica do edifício, para fins de ser consultada e gerida através de múltiplos dispositivos, *desktop* ou *mobile*, e visualizado em qualquer lado via *web*. Para informação de base, foram utilizados os ficheiros CAD da planta do edifício, as infraestruturas da rede de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) do edifício, as imagens 360° de cada unidade do edifício bem como informação sobre essas mesmas unidades, os horários de funcionamento e a localização dos dispositivos de segurança através de recolha *in loco*. Como resultado da investigação realizada e do trabalho desenvolvido obtiveram-se dois produtos: uma modelo de gestão das infraestruturas do edifício, para uso técnico e privado; e um modelo de interação e visualização, para fins de orientação, para uso público. Para o efeito foi usada tecnologia ESRI, nomeadamente o ArcGIS Pro, ArcGIS e ArcGIS *Indoors*.

Palavras-chave: Modelação 3D, *Smart Buildings*, ArcGIS *Indoors*, Realidade Aumentada, Modelação de Interiores

Abstract

Cities and their infrastructures have been the main responsible for the development of societies. Cities are spaces of concentration of people, of economic activities, social and cultural interactions, and therefore spaces of knowledge, innovation, and creativity. However, cities are currently facing great challenges, some of them never experienced, eg. climate change, poverty, segregation and social exclusion, aging, soil sealing, air and water pollution, noise, excessive consumption of energy and natural resources, production of non-reusable waste, feasibility of green spaces and increasing vulnerability to natural and technological hazards, and a vulnerability to epidemiological diseases. To combat these problems, the widespread and intensive use of technology, namely IT (Information Technology) combined with geotechnologies, e.g. GPS, GIS and Remote Sensing, has been increasingly applied to provide more effective, sustainable and people-centered services and to accommodate their needs. The main goal of this internship report is the development and implementation of a methodology that combines these technologies for a micro-scale geographical study, more specifically we aim to build an intelligent geographical indoor based model to support a more efficient management of the building and its facilities, along with the support navigation system for common users of the building, eg. Students, researchers, professors, and visitants in general. The case study presented is the building of the Institute of Geography and Spatial Planning (IGOT-UL), and the model developed and implemented can be operated through multiple devices, such as desktop or mobile computers, and visualized anywhere via web. Regarding the data, we had access to the CAD files of the building's floor plan, the HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) network infrastructures of the building, 360° images of each unit of the building as well as information about those same units, the opening hours, and the location of security devices through on-site collection were used. As a result of the research and work carried out, two products were obtained: a management model of the building's infrastructures, for technical and private use; and an interaction and visualization model, for navigation purposes. The ESRI technology used for this purpose, was ArcGIS Pro, ArcGIS Desktop and ArcGIS Indoors.

Keywords: 3D Modelling, Smart Buildings, *ArcGIS Indoors*, Augmented Reality, Interior Modeling

Introdução

A ubiquidade das Tecnologias de Informação (TI) no quotidiano dos cidadãos expande-se por todos os domínios e setores de atividade praticamente sem exceções. A robótica e os edifícios inteligentes, apesar de serem uma realidade desde finais da década de 1990, só recentemente no decurso do século XXI - com a digitalização de informação e a com a Internet das Coisas (IoT) -, se tem vindo a desenvolver, muito para além dos estores elétricos ou do acionar das luzes por som. Todavia, o passo que ainda falta dar é que este processo de modelação inteligente dos edifícios, se torne de uso amigável e generalizado para utilizadores comuns.

Neste trabalho apresenta-se o processo de criação, teste e validação modelo tridimensional, que combina Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) e Tecnologias de Informação (TI) através de uma metodologia multi escala, que permite, captar, armazenar, analisar e visualizar o edifício do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL). Esta metodologia envolve a visualização de todas as unidades do edifício e informação detalhada sobre cada uma destas, tal como a visualização em realidade virtual de cada uma das divisões do edifício através do uso de camaras de captura 360°. Também é pretendido com este trabalho o uso de uma solução que permita que esta informação seja visualizável quer numa plataforma *online* quer no *smartphone* ou no computador para garantir um acesso fácil e rápido ao edifício não só para quem deseje visitar este, mas também para pessoal administrativo ou técnicos que queiram visualizar informação sobre o edifício digitalmente.

O relatório está estruturado em 5 capítulos e vários subcapítulos.

O primeiro capítulo é dedicado ao estado da arte do tema, referindo como as cidades se têm desenvolvido tecnologicamente e como têm respondido aos desafios que se lhes colocam atual e futuramente e como os seus edifícios têm vindo a adaptar-se, através da incorporação de cada vez mais tecnologia. Por último, uma nota especial com enfoque na informação geográfica e nos Sistemas de Informação Geográfica, para sublinhar o papel destes no domínio das *Smart Cities* e dos *Smart Buildings*.

O segundo capítulo é dedicado à estruturação do modelo concetual, desde uma visão geral do caso de estudo, como os dados usados e métodos aplicados a estes e o racional no que toca à criação deste.

O terceiro capítulo tem como principal foco a curadoria dos dados, ou seja, quais foram as alterações feitas aos dados de entrada para corresponderem com o máximo de compatibilidade no modelo. A constituição deste está feita em 4 subcapítulos, cada um correspondendo a um tipo de informação usado. O quarto capítulo trata do desenvolvimento do modelo e os seus componentes. O quinto capítulo corresponde aos resultados obtidos com a metodologia, nomeadamente as duas diferentes versões do modelo (público e privado), tal como o ambiente de representação destas (*web* e *mobile*).

Enquadramento de Estágio

O desenvolvimento deste relatório foi feito com base num estágio realizado na ESRI Portugal – Sistemas e Informação Geográfica, S.A que teve início no dia 5 de dezembro de 2019 e conclusão a 4 de junho de 2020, resultando numa duração aproximadamente de 6 meses. Todavia, devido às restrições de confinamento da atual pandemia de Covid-19, que desde março de 2020 o estágio foi realizado fora das instalações. A orientação do ensaio foi feita pelo professor doutor Paulo Morgado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL) e o acompanhamento pela ESRI Portugal da responsabilidade do Dr. Rui Santos, *Senior Account Manager* na ESRI Portugal. Durante a duração presencial do estágio, num período de 3 meses, foi desenvolvida a metodologia para a criação do modelo tridimensional do edifício do IGOT, a partir de um ensaio tendo como objeto de estudo o edifício sede da ESRI Portugal e como premissas do modelo as mesmas características e funcionalidades que foram posteriormente adotadas e adaptadas, para o edifício do IGOT.

A ESRI Portugal tem um historial único como distribuidora de tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica, desde o seu ano de formação de 1987. Não obstante chamar-se de ESRI Portugal, a sua acção e peso no setor expanda-se para fora dos limites fronteiriços do País, com destaque para a diáspora, eg. Cabo Verde, Guiné-Bissau e São Tomé e Príncipe. É também especializada em disponibilizar serviços de consultoria e formação com base em tecnologia ArcGIS.

A ESRI Portugal é uma das constituintes da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), empresa fundada por Jack Dangermond em 1967, com sede em Redlands, California nos Estados Unidos da América, e líder mundial no mercado das geotecnologias, com destaque para os SIG.

Capítulo 1 – Estado da Arte

1.1 - *Smart City*

As cidades foram sempre um motor de desenvolvimento civilizacional, o local onde se concentram as pessoas, as atividades económicas, palco de interação social e cultural, e consequentemente o foco da criatividade e da inovação. De acordo com as Nações Unidas, a população mundial a viver em áreas urbanas é já aproximadamente 55% e estima-se que em 2050 esse número atinja os 68%¹. Todavia, as cidades enfrentam atualmente os maiores desafios algumas vez sentidos eg. alterações climáticas, pobreza, segregação e exclusão social, envelhecimento, impermeabilização do solo, poluição do ar e da água, ruído, exequibilidade de espaços verdes e aumento de riscos naturais e tecnológicos. Segundo o documento ‘Pacto de Amesterdão’, as cidades têm sido apontadas como a principal fonte destes problemas; mas muitos defendem, e têm vindo a provar, que as cidades podem muito bem ser a solução² para os problemas. É em linha com esta visão de qual o papel que as cidades do futuro devem desempenhar, que foi desenvolvido este relatório de estágio. O crescimento da urbanização e da população a viver nas áreas urbanas exige, que as cidades encontrem formas novas e inteligentes de gerir os seus recursos. Uma das soluções apontadas sublinha o aproveitamento da tecnologia para a entrega de serviços eficazes, ou seja, das “*smart city*” (Albino et al, 2013; Peponi and Morgado, 2020).

A evolução do conceito de *smart city* nos últimos vinte anos, de acordo com Albino et al. (2013), está longe de ser limitado aos aspetos tecnológicos e, com a crescente relevância deste conceito existem cada vez mais significados e definições, o que tem tido um efeito contraproducente uma vez que gera confusão em vez de ajudar a clarificar, a consolidar e a difundir o conceito de *smart city* a par com as suas vantagens, nomeadamente na construção de um mundo mais sustentável e amigo do ambiente.

Todavia, com base no trabalho de revisão da literatura e numa tentativa de síntese, procurou-se trazer para este relatório as visões que mais alinhadas estão com o trabalho empírico, de forma a sublinhar a sua relevância.

¹ <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>

² https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/policy/themes/urban-development/agenda/pact-of-amsterdam.pdf

Para Hall (2000), uma *smart city* é uma cidade que monitoriza e integra as condições de todas as suas infraestruturas críticas, tais como estradas, pontes, túneis, metropolitanos, comunicações, água, energia e edifícios e que possa otimizar os seus recursos, planear as suas atividades de manutenção preventiva e monitorizar aspetos de segurança enquanto maximiza os serviços aos seus cidadãos.

Segundo Harrison et al. (2010), uma *smart city* é “uma cidade que conecta a infraestrutura física, a infraestrutura das TI (Tecnologias de Informação), a infraestrutura social e a de negócios para influenciar a inteligência coletiva da cidade.”

Por último, segundo Kourtiti & Nijkamp (2012), *smart cities* “são o resultado de estratégias, baseadas no conhecimento, criativas e intensivas com o objetivo de melhorar as condições socioeconómicas, ecológicas, desempenho logístico e competitivo das cidades”.

Tendo estas definições por referência é possível estabelecer um padrão-tipo: uma “*smart city*” consiste no conjunto de infraestruturas ligadas a todos os pontos-funcionais da cidade (educação, saúde, transportes, governança, desporto, comunicação e informação, entre outros) com o objetivo de monitorizar, gerir e de tornar a sua ação mais eficaz e eficiente, com o fim último de proporcionar melhores condições de vida e reduções de gastos aos cidadãos e ao estado, respetivamente.

É importante referir que, para os diferentes conceitos também existem diferenças de como as cidades introduzem os avanços tecnológicos. De acordo com Cohen (2015), as cidades demonstram três fases comportamentais no desenvolvimento e implementação de tecnologias nas suas infraestruturas:

- i) A primeira, segundo o autor, denominada *Smart Cities 1.0*, tem como principal característica o incentivo dos fornecedores de tecnologia a adotar medidas para as cidades, que não tinham o equipamento próprio para perceber os benefícios destas tecnologias nem como estas afetariam a qualidade de vida dos cidadãos.
- ii) A segunda, *Smart Cities 2.0*, tem como principal agente as cidades. Segundo este, a segunda geração, liderada pelos municípios, tomam a liderança de forma a perceber o que é importante para o futuro da cidade e qual o seu papel no desenvolver de tecnologias e inovações inteligentes, tal como o melhorar da qualidade de vida para os cidadãos.
- iii) A geração mais recente, com o nome *Smart Cities 3.0*, foca-se numa implementação de modelos com a ajuda dos cidadãos das *smart cities* mais avançadas no intuito de moldar a próxima geração de *smart cities*.

De acordo com o “*Smart City Readiness Guide*” concebido pelo *Smart Cities Council*, a implementação de uma *smart city* tem como principais benefícios: uma melhor qualidade de vida para os residentes e a melhoria no trabalho e na sustentabilidade, por via de uma aquisição mais acessível e sustentável de recursos, bem como do seu consumo. Segundo os autores deste guia, o tratamento de informação é feito em três partes:

- i) Primeiramente é obtida através de dispositivos inteligentes localizados pela cidade e pelos edifícios para medir condições com precisão e com escala humana, como por exemplo a eletricidade, gás, uso de água, condições do tráfego, poluição, temperatura, humidade, ruído, etc.
- ii) Segundo, estes dados são transmitidos através de redes físicas/sem fios com o objetivo de existir conectividade em qualquer parte da cidade.

- iii) Por último, os dados são analisados para apresentar 3 diferentes objetivos, nomeadamente mostrar a informação, ou seja expor o que se está a passar de momento; aperfeiçoar o sistema, ou seja, através dos dados recebidos alterar alguns aspetos para que haja maior estabilidade (por exemplo equilibrar a oferta e procura da rede elétrica, sincronizar os sinais de trânsito para minimizar congestões ,etc), e por fim, como último objetivo prever, com base em cenários realísticos, possíveis futuros alternativos.

Um dos exemplos mais ilustrativos de cidades inteligentes é o do Centro de Operações Prefeitura do Rio de Janeiro³, no Brasil. Este obtém informação sobre os transportes, água, energia, meteorologia e outras condições de trinta departamentos pela cidade. Depois, comunica essas condições para computadores com poder de computação para processar os dados e apresentá-los num centro de controlo unificado no centro da cidade desenvolvido pela IBM (*International Business Machines Corporation*).

Por via desta tecnologia, não só a cidade tem consciência situacional das ocorrências, como ainda pode prever certas condições que vão acontecer, como cheias durante tempestades, congestão de algumas das artérias da cidade, consumos exagerados de águas e eletricidade, etc. e antecipar medidas de mitigação ou de bloqueio, desenvolvendo tarefas acionáveis com base em padrões modelados, o que lhe confere o desígnio de cidade inteligente. (*Retirado do Smart City Readiness Guide*).

Uma das componentes abordadas a seguir, que é importante para o funcionamento de uma *smart city* são os *smart buildings* que tem tido uma evolução exponencial face às cidades. Os *smart buildings* são vistos como uma peça fundamental para as *smart cities*. Como exemplo, e prova de evidência, desta afirmação vejam-se os casos das cidades de Songdo, na Coreia do Sul⁴, assim como outras que não construídas de raiz têm vindo a incorporar de forma ubíqua a tecnologia nas suas infraestruturas⁵, eg. Singapura, Tóquio, Nova Iorque, Viena, entre muitas outras que estão a dar os primeiros passos na mesma direção.

³ <http://cor.rio/>

⁴ <https://publications.iadb.org/en/international-case-studies-smart-cities-songdo-republic-korea>

⁵ <https://www.iotacommunications.com/blog/smart-city-solutions-examples/>

1.2 - *Smart Buildings*

O termo “*Smart Building*”, segundo o “*Smart City Readiness Guide*”, é uma abreviação para estruturas habilitadas pelos TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação). Estes utilizam sensores, medidores, sistemas e *software* para monitorizar e controlar uma coletânea de funções do edifício tal como luz, energia e água, aquecimento, ventilação e ar condicionado, comunicações, câmaras de vigilância, monitorização de elevadores e segurança face a incêndios.

Os edifícios são os espaços em que a maioria das pessoas mais tempo passa. São espaços funcionais construídos à medida dessas funções, eg. residencial, trabalho, recreio e lazer, desporto, comercial, educacional, saúde, etc, o que implica que também devem ser espaços cuja gestão seja orientada por princípios de sustentabilidade e eficiência dos seus recursos.

A adoção de tecnologia para a gestão destes territórios ‘*indoors*’ não é um procedimento recente, todavia tratava-se até a esta data, de tecnologia não-espacial, ou seja, que não permitia identificar e localizar simultaneamente os recursos e infraestruturas que compõem o edifício, o que significava uma ineficiência e ineficácia na sua gestão.

Atualmente, o uso de IPS (*Indoor Position Systems*) começa a ser uma prática comum para a gestão e manutenção dos espaços interiores dos edifícios pois permite, através de sensores, obter informação sobre os objetos e as pessoas que os usam e ocupam, a visualização em tempo real onde estão as pessoas e objetos se encontram, o espaço que ocupam e a monitorização espaço-tempo. A tecnologia constituída nestes sistemas são: ondas de rádio, sensores de *smartphones*, RFID (*Radio-frequency Identification*), triangulação de redes *WiFi*, NFC (*Near Field Communication*), infravermelhos e *Bluetooth*.⁶ O uso de redes de *WiFi* para mapeamento dos interiores teve um crescimento nos últimos anos devido ao seu reduzido custo de implementação, pois usa infraestruturas já existentes e não precisa de *hardware* extra. Existem, no entanto, algumas desvantagens ao usar esta tecnologia, como a frequência do sinal de *wifi* de 2.4Ghz ser obstruída por outros transmissores de sinal sem fio, levando a possíveis mudanças nos padrões da força do sinal do dispositivo recebido (Weilin, 2014).

⁶ <https://www.geospatialworld.net/blogs/indoor-positioning-indoors-gps-stops-working/>

Um dos exemplos do uso desta tecnologia foi realizado por Weilin (2014), em que este, para o rastreamento das pessoas e objetos, criou um mapa de rádio com múltiplos pontos de amostragem espalhados pela área de estudo de forma a ter uma precisão alta via triangulação. Em conjunto com a rede de *WiFi*, também foi usado o magnetómetro do dispositivo para medir a sua orientação, usando o ângulo entre o norte magnético e o eixo y do dispositivo movel para representar a orientação do indivíduo.

Segundo Hoy (2016), os *smart buildings* utilizam uma interface de *software* denominada de *Building Management System* (BMS) para transmitir os dados que este obtém à equipa responsável, tudo numa única interface. Este *software* também consegue alertar problemas como luzes que estejam fundidas, inundações, portas que estejam abertas, entre outros. Um destes exemplos encontra-se em Bremen na Alemanha em que o principal objetivo da implementação deste sistema seria unificar cerca de 1200 propriedades municipais de forma a otimizar a eficiência dos sistemas de aquecimento e reduzir o consumo de energia. A metodologia por detrás deste projeto implicava colocar 6 estações de controle pela cidade com sistemas de controle dos edifícios. Utilizando um BMS baseado em tecnologia da *Wonderware*, qualquer supervisor pode, de qualquer local, entrar no sistema e verificar se existem alguns problemas nos edifícios da cidade⁷.

Outra tecnologia essencial para o desenvolvimento de *smart buildings* envolve o desenvolvimento de um BIM (*Building Information Modelling*). Segundo Lima (2016), o BIM surgiu na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) como uma forma de diminuir custos de projetos, aumentar a qualidade e produtividade e reduzir o tempo de entrega de projetos. Estes permitem realizar uma representação 3D com a máxima precisão de projetos de construção.

A implementação deste, segundo o autor, é benéfica pois permite não só a modelação todas as infraestruturas existentes no edifício, tal como a visualização em simultâneo destas.

⁷<https://smartcitiescouncil.com/resources/city-bremen-cuts-energy-consumption-and-consolidates-building-management-wonderware-solution>

Um exemplo da implementação de edifícios inteligentes é o caso de Seattle nos Estados Unidos. Esta tem como objetivo de perceber como criar oportunidade económica para a cidade e ao mesmo tempo poupar energia e desenvolver um ambiente de sustentabilidade urbana. Com a ajuda da *Microsoft*, foi criada uma abordagem de edifícios inteligentes para a área central da cidade inspirado em outros planos de edifícios inteligentes previamente desenvolvidos pela *Microsoft*. É prevista, com a implementação deste piloto, poupanças na energia entre 10 e 25% por ano.

Outro projeto na ótica da implementação de edifícios inteligentes é o *Smart Campus* da universidade *Jaume I*, denominado “*SmartUJI*”. Este projeto teve como objetivo incorporar toda a informação dos edifícios do campus numa só plataforma, com o objetivo de permitir a rápida pesquisa de informação. Também foi aplicada o uso de sensores nos edifícios para permitir uma monitorização dos recursos como consumo de energia, gestão de resíduos, *etc.* (Benedito-Bordonau et al. 2013).

1.3 - Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Apesar de ser um conceito já consolidado, dada a difusão do seu uso por vários domínios, eg, militar, governamental, academia, empresarial nos mais diversos ramos dos negócios, banca, seguros, *etc.*, não é demais sublinhar alguns pontos críticos. Segundo Rocha (2012) os sistemas de informação geográfica “configuram uma tecnologia estabelecida para suportar a aquisição, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de dados espacialmente referenciados tendo em vista a resolução de problemas, de planeamento e gestão, complexos.”

Dentro dos SIG, existem dois tipos de estruturas de dados, a vetorial e a matricial, sendo que a informação recolhida é armazenada em bases de dados geográficas (*geodatabases*, no caso do software da ESRI). É importante frisar que as utilizações destas estruturas de dados permitem o tratamento de dados espaciais e não espaciais.

Segundo Lima (2016) a importância dos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) em três dimensões, face aos 2D tem que ver com a facilidade que estes têm em representar alguns dados/informações, onde a utilização de mais uma dimensão é benéfica.

O uso de tecnologia SIG em três dimensões permite que possa haver uma transição de informação de um mapa plano, bidimensional para uma representação tridimensional num modelo representacional mais próximo da realidade. Atualmente a aquisição desta informação é feita usando tecnologia de varrimento por laser terrestre e aérea. Um exemplo destas tecnologias é o ALS (*Airborne Laser Scanning*) que, segundo Wieczorek et al. (2013) é realizado a partir de uma aeronave e cujos resultados correspondem a modelos 3D de alta qualidade de grandes áreas, edifícios inclusive.

A principal razão que esta tecnologia é usada deve-se à sua elevada precisão e resolução espacial, levando à reconstrução da geometria dos objetos e a sua topologia, sendo útil para a reconstrução 3D das fachadas dos edifícios. O resultado deste varrimento é um conjunto de pontos, sendo que cada ponto apresenta coordenadas X, Y e Z. (Wieczorek et al. ,2013). Existem também linguagens utilizadas na representação de informação tridimensional, vocacionadas para o uso na *internet*, que definem um conjunto de regras para codificação dos documentos para um formato flexível para a máquina e que seja lido pelo utilizador. Uma delas é o GML (*Geographic Markup Language*), que serve para exprimir temas geográficos e o KML (*Keyhole Markup Language*), que é utilizada para visualização na web (Edvardsson et al; 2013).

Um dos *softwares* de SIG utilizados para a modelação de edifícios em 3D é o *CityEngine* da ESRI. Este, segundo Lima (2016) não só representa cada edifício numa cidade, como também tem a capacidade para modelar o interior destes e as suas infraestruturas, como canalização, rede de iluminação, condutas de AVAC, tal como a importação de plantas em formato CAD (*Computer-Aided Design*) e os formatos da ESRI de dados geográficos (*shapefile*, *geodatabases*).

Um exemplo prático da utilização do *Cityengine* é no campus da ESRI, em *Redlands*, no *Colorado*, em que o objetivo da utilização da tecnologia deles neste edifício foi fornecer um conjunto de regras que possam ser usadas em outros projetos usando o *software* seja usado, com o intuito de requerer pouco conhecimento de programação⁸.

Ultimamente, a ESRI tem suportado uma extensão para a versão profissional do ArcGIS com o nome de ArcGIS *Indoors* que facilita o processo de transformação da informação para um ambiente SIG e que permite a visualização desta mesma em múltiplas plataformas, sendo estas dispositivos *smartphone* com o sistema operativo *ios* ou *android* tal como os navegadores do computador sem necessitar da instalação de *software* extra para visualizar.

Não obstante os grandes avanços acontecidos na última década, com passos na criação de algoritmos para 3D e 4D, maior interoperabilidade, classificação de imagem de satélite, geodemografia e *business spatial analysis and intelligence*, *web mapping*, apenas para citar alguns existem ainda algumas limitações e ‘territórios’ por encontrar, *eg.* incerteza (Couclelis, 2003) e Inteligência Artificial (Openshaw and Openshaw, 1997; Voženílek, 2009; Couclelis, 2003), o corpo humano (Garb, 2017; Barbeito et al, 2016), ou o Mar são apenas alguns dos exemplos que têm vindo a ser apontados.

⁸ <https://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/library/brochures/pdfs/cityengine-example-redlands.pdf>

Capítulo 2 – Modelo Conceptual

2.1 - Caso de Estudo

O objeto de estudo para este ensaio é o Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL), situado no *campus* da cidade universitária da Universidade de Lisboa (UL), em Entrecampos, Lisboa. A figura 1 representa a localização do instituto e a sua contextualização na capital.

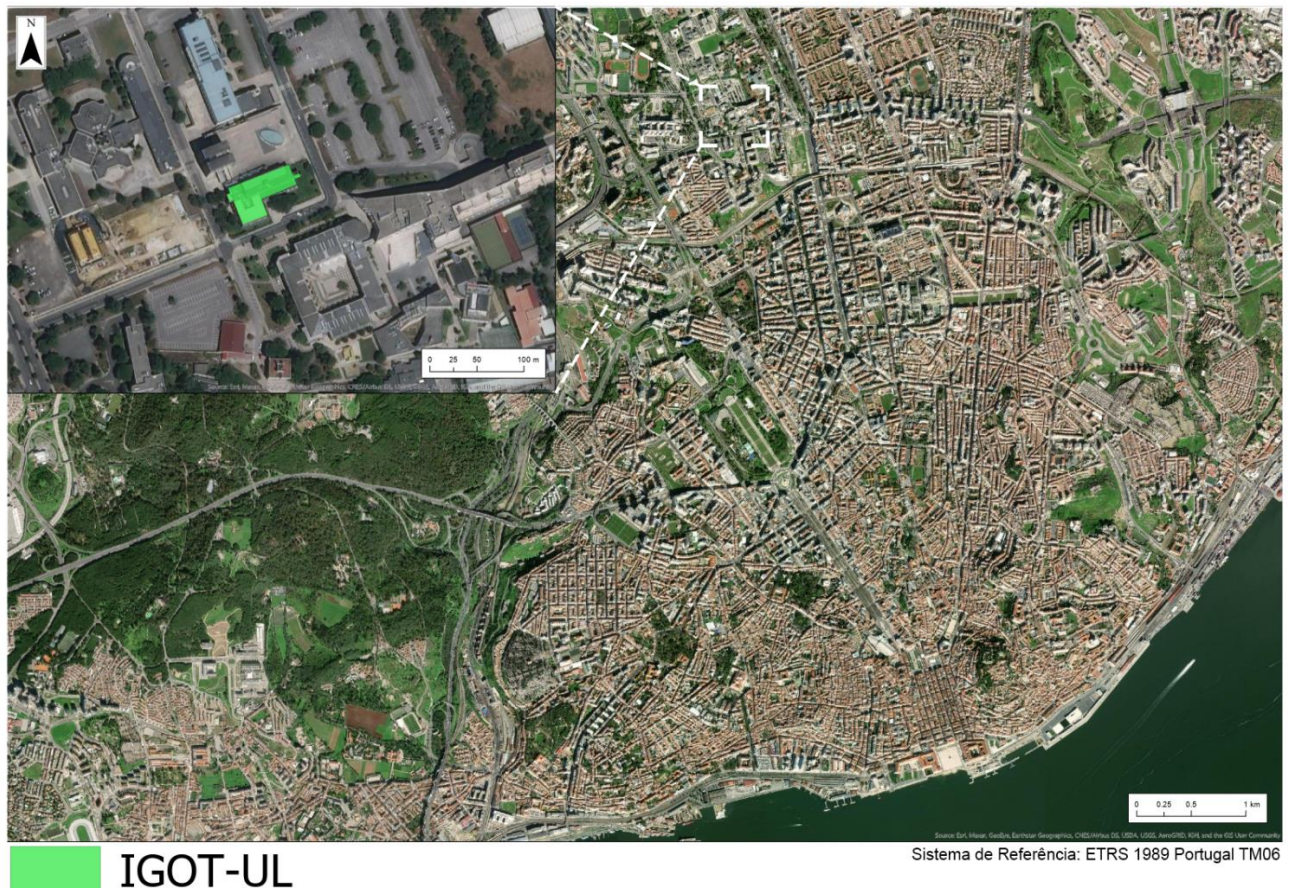


Figura 1 - Localização do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL)

O edifício, antes de ser utilizado como novo local do IGOT, foi usado pela Faculdade de Medicina Dentária como um edifício complementar e desde a sua data de inauguração em 2015 sofreu alterações no último piso em 2018. Quanto à sua constituição, este é composto por cerca de 63 unidades das quais incluem gabinetes para docentes, salas de aula, laboratórios, gabinetes, locais de refeição e espaços dedicados para os bolseiros e investigadores. A tabela 1 apresenta uma lista mais detalhada dos tipos de unidades presentes no edifício assim como a quantidade existente. O edifício em si ocupa uma área de 1500m² e é composto verticalmente por 3 pisos.

<u>TIPO DE UNIDADE</u>	<u>QUANTIDADE</u>
Arquivo	1
Associação de Estudantes	1
Auditório Orlando Ribeiro	1
Balcão de Informação	1
Bar	1
Biblioteca	1
Casas de Banho	9
Copa	1
Cozinha	1
Fototeca	1
Gabinete da Diretora Executiva	1
Gabinete de Apoio à Biblioteca	1
Gabinetes	18
Gabinetes dos Órgãos de Gestão	4
<i>Geomodlab</i>	1
Mapoteca	1
Sala de Conferências Jorge Gaspar	1
Sala de Reuniões	1
Sala de Servidores	1
Salas de Aula	6
Salas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	3
Salas para Projetos e Doutorado	2
Serviços Acadêmicos	1
Serviços de Apoio ao Ensino e à Investigação	4

Tabela 1 - Constituição das principais unidades do edifício

O primeiro piso consiste de uma porção de acesso geral como salas de aulas, o refeitório e a sala de conferências Jorge Gaspar, tal como os gabinetes dos órgãos de gestão e uma porção de acesso restrito como os serviços de apoio ao ensino e à investigação.

O segundo piso é composto por 7 salas de aula sendo três dessas equipadas com computadores para os alunos, o auditório Orlando Ribeiro e a biblioteca. O último piso, de acesso restrito, é constituído por 18 gabinetes pertencentes aos docentes e investigadores tal como salas direccionadas a doutorandos.

O edifício, num nível infraestrutural é composto por vários sistemas de redes, desde a rede AVAC de insuflação e extração como a rede elétrica, entre outras. Por último, este consiste também de um número de objetos essenciais para a segurança e saúde dos utilizadores do espaço, exemplos destes apresentados na tabela 2.

<u>TIPO DE OBJETO</u>
Carretel
Câmara de Vigilância
Extintor
Kit de Primeiros Socorros
Local de Acesso ao Segurança
Ponto de Acesso Wi-Fi
Quadro Elétrico
Saída de Emergência

Tabela 2 – Equipamentos de suporte e emergência

2.2 – Dados e métodos

Com o enquadramento feito, foi preciso juntar a informação sobre o edifício de modo que a conversão da informação para ambiente SIG fosse a mais aproximada à realidade. Para tal, foi utilizada a planta do edifício mais recente, em formato CAD (*Computer-Aided Design*) que apresenta digitalmente o edifício com o maior rigor possível e face à informação técnica, também foram utilizadas as redes de AVAC do edifício, tal como o esquema elétrico desta para apresentar a vertente técnica do edifício. É importante referir que tanto a planta como a informação técnica foram fornecidas pelos Serviços do IGOT.

Informação relativamente aos dispositivos de segurança e horários das salas de aula tal como informação das salas dos docentes foram obtidas de recolha própria através de idas à área em estudo e que numa fase posterior da metodologia foi adicionada aos pontos de interesse. Na tabela 3 é visível com maior detalhe a informação utilizada.

<u>NOME</u>	<u>ESTRUTURA DOS DADOS</u>	<u>SISTEMA DE REFERÊNCIA</u>	<u>FORNECEDOR DOS DADOS</u>
Planta do edifício do IGOT	Vetorial (Linhas e Polígonos)	---	Direção do IGOT
Rede de Infraestrutura do edifício (AVAC, Esquema Elétrico)	Vetorial (Linhas e Polígonos)	---	Direção do IGOT
Objetos técnicos do local (Extintores, Câmaras de Vigilância, entre outros)	Vetorial (Pontos)	ETRS 1989 TM06	Recolha própria
Fotografias 360° das unidades do IGOT	---	---	ESRI Portugal

Tabela 3 - Dados utilizados sobre o edifício

2.3 – Racional do modelo 3D e de Realidade aumentada do IGOT-ULisboa

A seguinte fase envolve a utilização de uma plataforma de fácil acesso em formato digital ao edifício e os seus interiores. Para tal, recorreu-se à tecnologia da ESRI, nomeadamente ao ArcGIS Pro e a extensão de interiores denominada “ArcGIS *Indoors*” devido à capacidade e facilidade de incorporar informação da planta de um edifício para um modelo inteligente, tal como o uso versátil em múltiplas plataformas sendo estas via aplicação *mobile* para *android* e *ios* e aplicação *web* via navegador. A extensão dispõe de um conjunto de ferramentas que facilitam a importação de informação do edifício existente em outros formatos para ambiente SIG tal como a criação de redes de acesso nas instalações facilitando a orientação do utilizador no edifício.

As ferramentas utilizadas para o processo foram as seguintes:

- *Create Indoors Database*: Configura a base de dados geográfica com as tabelas, *feature classes* e dados necessários para a importação da informação do edifício;
- *Floorplans To Indoors*: Ferramenta essencial para a importação de informação do edifício proveniente de outras fontes, como ficheiros CAD de plantas de edifícios, para o modelo de informação ArcGIS *Indoors*;
- *Generate Pathways*: Cria, com base num sistema de grelha, todos os caminhos existentes no edifício, tendo em conta as obstruções definidas pelo utilizador desde paredes, colunas, etc;
- *Thin Pathways*: Simplifica a rede e apenas deixa o caminho otimizado para os pontos de interesse do edifício.

A extensão também dispõe de uma plataforma *online* e *mobile* na qual esta informação pode ser visualizada. Para tal, a partilha dos mapas foi feita para o “*Portal for ArcGIS*” que consiste, de acordo com a ESRI, numa plataforma de partilha de mapas, cenários 3D, aplicações e outra informação geográfica, no âmbito de tornar informação geográfica mais acessível⁹.

Com o âmbito de apresentar como a metodologia deste projeto está segmentada, foi desenvolvido um modelo que apresenta o fluxo de processos do modelo, conforme se pode observar na figura 2. Este está repartido em cores e retângulos conforme o *software* usado, tal como algumas notas extra indicando qual a ferramenta usada. Quanto à legenda do esquema, a verde os dados de base utilizados para o desenvolvimento do projeto, os laranjas reportam-se aos passos intermédios de preparação realizados à informação da planta do edifício e da rede AVAC deste. O vermelho retrata a esquemática de criação da base de dados feita com o ArcGIS *Indoors* e subsequente todos os processos realizados até à partilha de cada mapa e por último, simbolizado pela cor roxa, corresponde à configuração *online* destes mapas para que possam ser importados nas respetivas aplicações do ArcGIS *Indoors*.

⁹ <https://enterprise.arcgis.com/en/portal/latest/administer/windows/what-is-portal-for-arcgis-.htm>

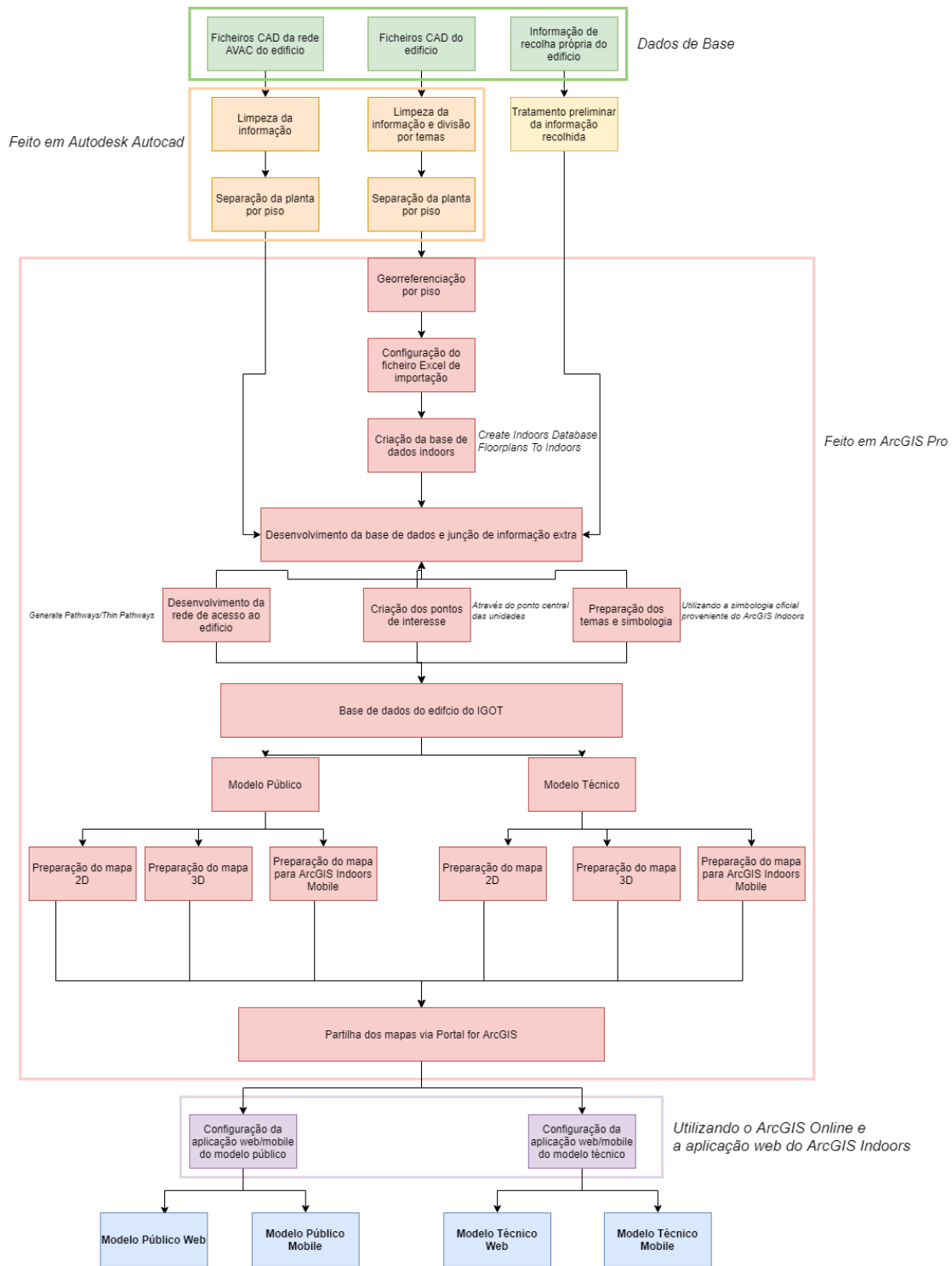


Figura 2 - Esquema metodológico

Capítulo 3 – Curadoria dos dados

3.1 – Planta do edifício

Para a primeira etapa do processo, de forma a compreender qual a melhor abordagem de importação da planta, foi preciso analisar como está organizada num *software* de leitura e edição de ficheiros CAD. Para tal, foi utilizado o AUTOCAD da *Autodesk* devido à sua predominante utilização por arquitetos e *designers* de CAD. Analisando o ficheiro, é observável que existe muita informação nos ficheiros que, para fins deste projeto, não será necessária.

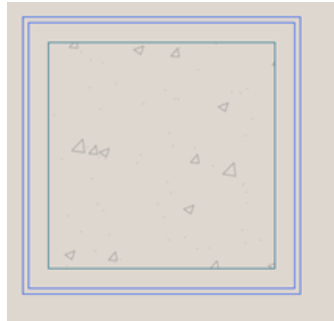


Figura 3 - Constituição original das paredes da planta do edifício

Na figura 3 é observável que existem dois tipos de *layers* para a porção da parede mostrada. Sendo assim, é necessária a limpeza de informação, com a intenção de deixar apenas as linhas representantes de portas, paredes interiores e exteriores, colunas, divisões, elevadores e escadarias. A figura 4 exemplifica o processo de limpeza de informação num sector do edifício. Para complementar as regras de importação da planta para o modelo *indoors* cada piso do edifício foi colocado no seu projeto específico no *software*.



Figura 4 - Diferenças entre a planta do edifício (Esquerda: Original; Direita: Alterações)

Após simplificada a informação e efetuada a separação de cada piso para o seu respetivo projeto no AUTOCAD, foram adotadas categorias que têm em mente não só distinguir as diferentes componentes do edifício como também permitir uma melhor compatibilização no processo de importação para a base de dados. Na tabela 4 estão os nomes das categorias e a principal característica de cada uma.

<u>NOME DAS CATEGORIAS</u>	<u>CARACTERISTICAS</u>
A-AREA-BDRY	<i>Layer</i> polígono correspondente à extensão do edifício;
A-AREA-IDEN	<i>Layer</i> de anotação com o número da sala;
A-AREA-IDEN-TYPE	<i>Layer</i> de anotação com o tipo da sala;
A-AREA-TYPE	<i>Layer</i> polígono com a extensão de cada divisão do edifício;
A-DOOR	<i>Layer</i> polilinha correspondente às portas do edifício e o seu arco de abertura;
A-FLOR-EVTR	<i>Layer</i> polilinha correspondente ao elevador do edifício;
A-FLOR-OTLN	<i>Layer</i> polilinha correspondente à extensão do edifício;
A-FLOR-STRS	<i>Layer</i> polilinha correspondente à escadaria do edifício;
A-WALL-EXTR	<i>Layer</i> polilinha correspondente às paredes exteriores do edifício;
A-WALL-INTR	<i>Layer</i> polilinha correspondente às paredes interiores do edifício;
A-WALL-JAMB	<i>Layer</i> polilinha correspondente à esquadria da porta
A-WALL-PHRT	<i>Layer</i> polilinha correspondente de paredes que não cobrem totalmente a altitude da unidade
AVAC EXTRAÇÃO	<i>Layer</i> polilinha correspondente à rede de extração do sistema AVAC
AVAC INSUFLAÇÃO	<i>Layer</i> polilinha correspondente à rede de insuflação do sistema AVAC
S-COLS	<i>Layer</i> polilinha correspondente às colunas do edifício

Tabela 4 - Nome e características de cada layer dos ficheiros CAD

É importante notar que existem algumas *layers*, que apesar de apresentarem a mesma característica diferem na sua constituição no modelo. Isto deve-se aos critérios de importação da planta do edifício para o ficheiro de configuração *Excel* do modelo *indoors*, que será explicado posteriormente.

Tendo os ficheiros da planta tratados e preparados para serem usados, o passo seguinte envolve georreferenciá-los. Primeiramente, foram importados para a tabela de conteúdos os ficheiros de estrutura *polyline* e polígono e aplicado o sistema de coordenadas “ETRS 1989 TM06”. Após isso, recorrendo às ferramentas de georreferenciação do ArcGIS Pro, foi possível colocar a planta no local correto. De forma a ter a máxima precisão da georreferenciação do local foi usado um mapa de base proveniente do *OpenStreetMap* sendo que a escolha deste se deve ao facto de ser o único mapa de base que represente os contornos do edifício com clareza suficiente para realizar a georreferenciação deste, ou seja capaz de providenciar pontos de controlo. Precisamente, a etapa seguinte envolve a utilização de dois pontos de controlo tal como a utilização de dois pontos de controlo em dois locais da planta, que sejam visíveis no mapa de base de forma a obter uma maior precisão do posicionamento da planta do edifício.

Ao efetuar este procedimento, foi obtido um valor de resíduo de aproximadamente 0.008m para o primeiro ponto de controlo e 15.77m para o segundo, como está representado na tabela 5.

<u>PONTO DE</u> <u>CONTROLO</u>	<u>X ORIGEM</u>	<u>Y</u> <u>ORIGEM</u>	<u>X</u> <u>MAPA</u>	<u>Y</u> <u>MAPA</u>	<u>RESIDUO</u> <u>X</u>	<u>RESIDUO</u> <u>Y</u>	<u>RESIDUO</u>
<u>1</u>	-88 862.085227	-101 546.933896	-88 862.089895	-101 546.940881	-0.004668	-0.006985	0.008
<u>2</u>	-88 824.623970	-101 514.116764	-88 813.096372	-101 503.359686	11.527598	10.757078	15.77

Tabela 5 - Resultados da Georreferenciação do edifício

A principal razão para o valor elevado de 15 metros de resíduo deve-se à localização do contorno do edifício e o contorno da planta do edifício em CAD daí nunca ser 100% preciso. Contudo, o conhecimento da realidade demonstra que as dimensões do edifício e o seu interior se mantêm muito próximas da realidade, o suficiente, para não haver excessivas discrepâncias nos valores de cálculo de áreas e distâncias no interior do edifício. O erro obtido no ponto 2, deve-se, provavelmente ao tipo de distorção causada pela projeção geográfica utilizada no *OpenStreetMap* (WGS-84, EPSG), que ao ser utilizada no contexto europeu a uma escala de menor pormenor, pode

aparentar um erro, sobrelevado, pois como indicado área e forma do edifício estão de acordo com a realidade.

Como este processo gera dois ficheiros, especificamente um com as extensões *.wld* e *.prj* que simbolizam a posição do edifício em coordenadas e o sistema de coordenadas usado, estes foram copiados e alterados os nomes para corresponder aos restantes pisos de forma a simplificar o processo de georreferenciação.

Tendo o ficheiro georreferenciado, a etapa seguinte corresponde à configuração do ficheiro *Excel*. O uso deste ficheiro, fornecido pela ESRI Portugal na instalação da extensão, é importante pois permite o mapeamento das *layers* da planta para *feature classes* em ambiente SIG.

3.2 – Rede infraestrutural

Face à informação técnica do edifício cedida pelo instituto, mais precisamente a rede AVAC, esta foi colocada num tema separado e não foi importada juntamente com a estrutura do edifício, por duas razões: devido a possíveis alterações que sejam feitas, e também ao acesso desta numa fase de desenvolvimento do modelo mais tardia. Esta é separada em dois grupos: Extração (ar extraído do edifício) a laranja e Insuflação (ar introduzido no edifício) a azul. Na figura 5 é observável um exemplo da estruturação desta informação em formato CAD.

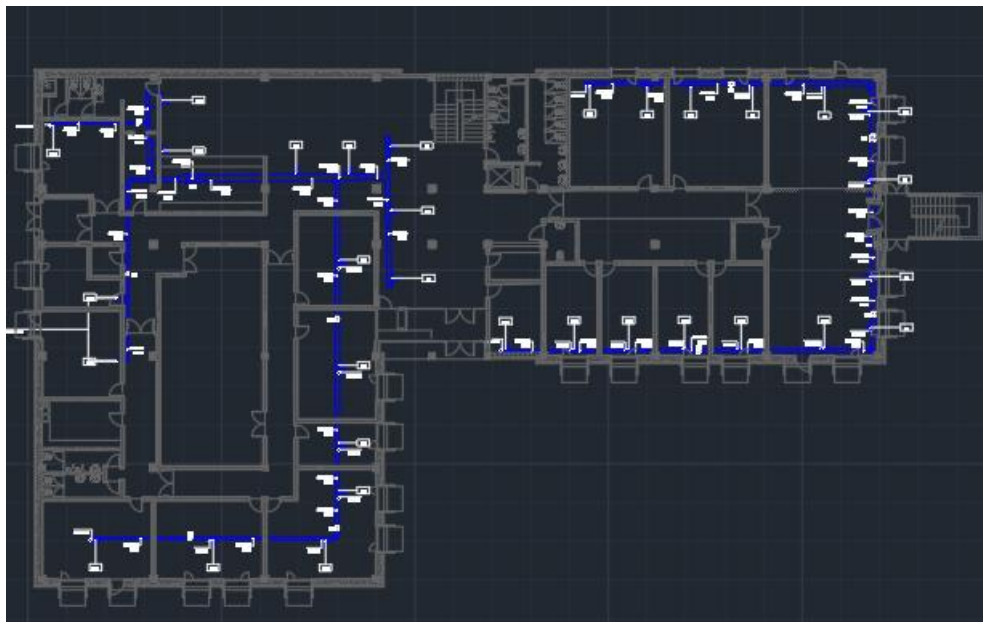


Figura 5 - Rede AVAC de Insuflação do piso 1 (Azul)

3.3 – Pontos de Interesse

Como o modelo *indoors* suporta o uso de temas vetoriais sob a forma de pontos para apresentar as diferentes unidades e objetos do edifício, primeiramente, foi retirada toda a informação sobre as diferentes salas de aula, laboratórios e gabinetes dos docentes através de idas ao edifício, tal como informação referente aos diferentes objetos deste como as câmaras de segurança, extintores, *kits* de primeiros socorros, mangueiras de segurança e pontos de acesso *wifi*.

A recolha desta informação foi feita em janeiro de 2020. Também foi fornecida pela ESRI Portugal a captação em 360° de algumas salas do edifício para uma consulta mais detalhada das instalações. Estas foram importadas para a plataforma “*Momento360*” que permite a partilha deste tipo de fotografias, conforme se pode observar na figura 6.

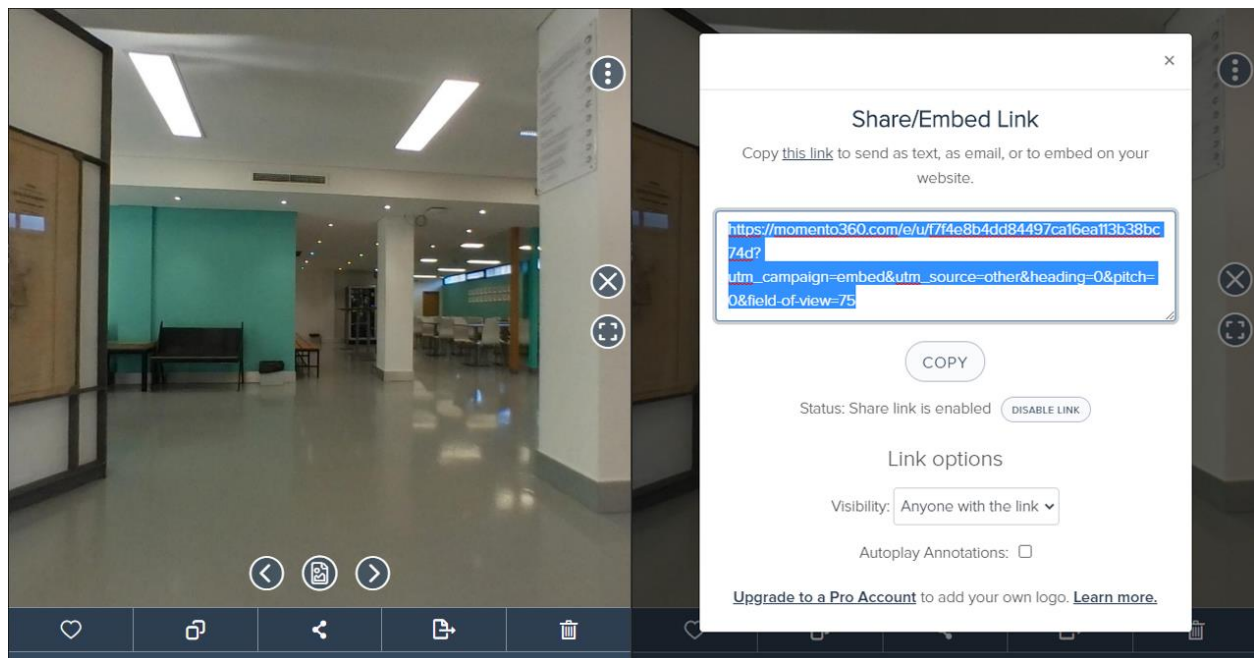


Figura 6 - Uso da plataforma "Momento360" de partilha de fotografias 360° do edifício

Estas após o processo de importação na plataforma, para serem embebidas na *web* pelo modelo *indoors*, foram deixadas sob código HTML (*Hypertext Markup Language*) para a respetiva unidade. A última etapa a preencher para os pontos de interesse é a introdução de informação específica de cada unidade, tal como a importação do código HTML das fotografias 360° de algumas salas do edifício para uma consulta mais detalhada das instalações, conforme se pode verificar na figura 7.

Pré-Visualização em 360°
<iframe height="500px" width="320px" allowfullscreen="true" src="https://momento360.com/e/u/f7f4e8b4dd84497ca16ea113b38bc74d"> </iframe>
<iframe height="500px" width="320px" allowfullscreen="true" src="https://momento360.com/e/u/dadbbff4b1a04ca689d774905f8de0ec"> </iframe>
<iframe height="500px" width="320px" allowfullscreen="true" src="https://momento360.com/e/u/d7c67d42163e478280b6de84be5b8034"> </iframe>
<iframe height="500px" width="320px" allowfullscreen="true" src="https://momento360.com/e/u/d7c67d42163e478280b6de84be5b8034"> </iframe>
<iframe height="500px" width="320px" allowfullscreen="true" src="https://momento360.com/e/u/ac4e2beecf904a53bb4f2ce9d31c5887"> </iframe>

Figura 7 - Integração das fotografias 360° no tema dos pontos de interesse

3.4 – Ficheiro de configuração da base de dados

O ficheiro *Excel* referido consiste de três folhas¹⁰:

- **CAD Layer to FC Mapping**, usada para mapeamento dos nomes das camadas da planta às *feature classes* de SIG de saída que, dependendo das *layers* presentes no ficheiro CAD, a ferramenta usa as colunas na folha de formas diferentes (Ver anexo 1);
- **Facility Properties**, usada para preencher informação sobre as instalações, desde o nome, localização, altitude, entre outras (Ver anexo 2);
- **Level Properties**, usada para guardar informação sobre cada nível da instalação, incluindo a diretoria aos ficheiros CAD, altitude de cada piso, entre outras (Ver anexo 3).

O passo seguinte envolve preencher os nomes colocados às *layers* nos ficheiros da planta para a folhas *Excel*. De forma a perceber quais foram os campos usados desse ficheiro molde, nos anexos 1, 2 e 3 estão todos os campos e as suas respetivas descrições, assim como quais são obrigatórios. Resumidamente, os campos preenchidos no molde para o edifício em estudo foram:

Na folha “*CAD Layer to FC Mapping*”:

- **FACILITIES**, para simbolizar a extensão do edifício;
- **LEVELS**, para simbolizar a extensão de cada piso do edifício;
- **UNIT_LINES**, para simbolizar a extensão de cada divisão do edifício;
- **UNIT_ID**, para simbolizar o número da sala;
- **UNIT_USE_TYPE**, para categorizar o uso da sala;

¹⁰ <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/indoors/map-floor-plans-to-indoors.htm>

- **DETAILS**, para simbolizar quais as *layers* dos ficheiros CAD que serão usadas para os detalhes dos interiores do edifício, incluindo portas, elevadores, escadas, etc;
- **OPENINGS**, para colocar a *layer* que simboliza as portas e o seu respetivo arco de abertura.

Na folha “*Facility Properties*” foi colocada toda a informação sobre o edifício incluindo a sua altitude e elevação relativa e absoluta, que foi calculada a partir da diferença entre a elevação do edifício e o nível do mar, a sua rotação geográfica e a opção de juntar todos os níveis do edifício num só. Por último, a folha “*Level Properties*” foi preenchida a informação sobre cada piso, incluindo as suas elevações e altitudes relativas e absolutas tal como a diretoria no computador onde estão localizadas. Com o ficheiro de configuração preparado e os ficheiros da planta georreferenciados, reúnem-se todas as condições para a criação do modelo de informação de *ArcGIS Indoors*.

Capítulo 4 – Desenvolvimento do modelo 3D e de Realidade aumentada do edifício do IGOT

4.1 – Criação da base de dados

Esta etapa da metodologia consiste na criação e tratamento da informação necessária para a base de dados *indoors*. Os desenvolvimentos de todos os aspetos nesta etapa são importantes para as seguintes fases, como a criação do modelo tridimensional e do modelo *mobile* tal como a partilha para o *Portal for ArcGIS*. A primeira etapa do modelo envolve a criação de uma base de dados geográfica, em específico uma *File Geodatabase* para que possa ser inserido os conteúdos necessários do modelo. Através da ferramenta “*Create Indoors Database*”, importou-se todas as tabelas e temas necessários para o modelo, assim como a importação de temas necessários para a criação da rede.

Com esta operação, a base de dados *indoors* fica com a seguinte representação:

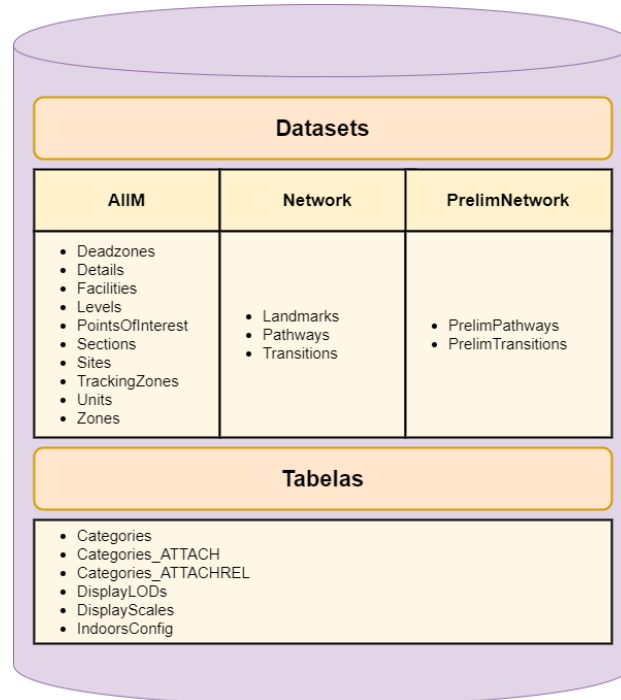


Figura 8 - Esquema da base de dados indoors

Conforme se pode analisar na figura 8, esta é composta por 3 *datasets* de ficheiros de estrutura vetorial, compostos por linhas, pontos e polígonos simbolizando todas as características que o edifício pode ter desde cada divisão do edifício (*Units*), pontos de interesse (*Points of Interest*), entre outras. Também suporta a criação de redes, conforme se pode observar no esquema.

A rede é dividida em duas porções, a primeira sendo a rede intermédia onde são construídas as bases como a malha e as transições entre pisos, denominada de “*PrelimNetwork*” e a rede final com o nome “*Network*” em que já foi otimizada a rede intermédia com base nos pontos de interesse à escolha¹¹.

A base de dados também consiste de um conjunto de tabelas que correspondem à seguinte informação:

- **Categories:** Descreve as definições das categorias aplicadas aos Pontos de Interesse (POI);
- **Categories_ATTACH:** Aloja as várias escalas dos ícones para apresentar nas aplicações *web* e *mobile* do *Indoors*;
- **Categories_ATTACHREL;**
- **DisplayLODs:** Descreve os níveis de detalhe que devem ser suportados nos mapas para uso em aplicações *web* e *mobile* do *Indoors*;
- **DisplayScales:** Descreve as escalas mínimas e máximas que um tema será mostrado na aplicação ArcGIS *Indoors mobile*;
- **IndoorsConfig:** Apresenta as várias definições que são requeridas para serem configuradas para o uso completo em aplicações *mobile* e *web*.

A etapa seguinte no processo envolve importar os ficheiros CAD para o modelo *indoors*. Para tal, o uso da ferramenta “*Floorplans To Indoors*” é a indicada e a que permite uma maior personalização ao importar para o modelo *indoors*.

Os *inputs* serão a base de dados geográfica onde o modelo *indoors* está inserido e o ficheiro de configuração *Excel* dos CAD do edifício. Existem outros campos, como o delimitador de ID, o *buffer* de fecho das portas e o limite de garantia de qualidade do comprimento dos polígonos (*Sliver QA Threshold*) que foram deixados os seus valores padrões.

¹¹ <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/indoors/arcgis-indoors-information-model.htm>

4.2 – Criação dos Pontos de Interesse

Tendo a esquemática da base de dados criada, a etapa seguinte envolve a criação dos pontos de interesse. Estes podem simbolizar diversos elementos no modelo *indoors* desde escritórios, cozinhas, pontos de informação, até objetos como extintores, kits de primeiro socorro, entre outros. Embora esta informação tenha sido criada na curadoria dos dados, apenas se manteve a localização dos objetos do edifício e informação correspondente às unidades.

Para a criação dos pontos de interesse, primeiramente extraiu-se o centroide de cada unidade do edifício para um ficheiro de estrutura vetorial temporário, que foi exportado com propriedades 3D através da ferramenta “*Layer 3D To Feature Class*”. Com o *output* desta operação, toda a informação dos pontos de interesse foi acrescentada ao tema “*PointsOfInterest*”, situado na base de dados do modelo *indoors*, através da ferramenta “*Append*”, tal como também foi adicionada, através da mesma ferramenta, os objetos do edifício. O passo seguinte envolve preencher a informação desta na tabela das categorias da base de dados, mais especificamente a quantidade de unidades e objetos correspondentes a cada categoria e subcategoria.

Esta tabela fornece quatros categorias nas quais os pontos de interesse se inserem, sendo estas:

- “*People*”, usado para pontos que correspondam a localizações de determinadas pessoas no edifício;
- “*Places + Things*”, usado desde divisões de um edifício específicas como cozinhas, casas de banho, mas também para especificar a localização de objetos como máquinas dispensadoras ou caixas multibanco;
- “*Retail + Services*”, usado para simbolizar pontos mais direcionados ao retalho como lojas de conveniência, bancos, restaurantes, entre outros;
- “*Safety + Security*”, direcionado para o uso em locais como saídas, locais onde situem extintores, *kits* de primeiros socorros, saídas de emergência, entre outros.

A mesma apresenta inúmeras subcategorias para compatibilizar ao máximo, a informação que pode ser introduzida na base de dados *indoors*. Por questões de abreviação, foram colocadas na tabela 6 as subcategorias utilizadas. É importante mencionar que também foi configurada a coluna “**SEARCH_FIELDS**”, com o nome dos campos que contêm informação sobre as unidades pois esta permite, na plataforma *web* e *mobile* pesquisar informação que estejam em campos que sejam importantes.

CATEGORY_LEVEL	CHILD_FIELD	LAYER	NAME	PARENT	SEARCH_FIELDS	SUGGESTION_TEMPLATE
1	CATEGORY_SUBTYPE	Safety+Security	Safety+Security		["NAME", "NAME_LONG"]	"{NAME}"
1	CATEGORY_SUBTYPE	Places+Things	Places+Things		["NAME", "NAME_LONG", "PEOPLE"]	"{NAME} {PEOPLE}"
2		Places+Things	Education Facility	CATEGORY_TYPE		
2		Retail+Services	Food Service	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Leisure & Outdoor	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Library	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Office	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Police			
2		Safety+Security	Services/Security	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Cameras	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Fire Extinguisher	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	First Aid	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Restroom	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Security Checkpoint	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Auditorium	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Conference Room	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Entry	CATEGORY_TYPE		
2		Safety+Security	Exits	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Kitchen	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Elevator	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Escalator	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Stairs	CATEGORY_TYPE		
2		Places+Things	Server Room	CATEGORY_TYPE		

Tabela 6 - Subcategorias usadas para os pontos de interesse

Após a configuração da tabela e termos o ficheiro vetorial com todas as unidades e objetos representados, o último passo envolve importar para este tema a informação obtida sobre cada unidade, assim como o código correspondente às fotografias 360°. A tabela 7 apresenta a estrutura dos pontos de interesse face à sua informação.

<u>NOME</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>
<u>Nome</u>	<u>Campo correspondente ao nome da unidade</u>
<u>Capacidade Máxima</u>	<u>Campo correspondente à capacidade máxima da unidade (Estimativa)</u>
<u>Pessoas</u>	<u>Campo correspondente às pessoas que estão relacionadas à unidade (se existir)</u>
<u>Horário de Atendimento</u>	<u>Campo correspondente ao horário de atendimento da unidade (se existir)</u>
<u>Horário das salas</u>	<u>Campo correspondente às salas de aula (URL com a imagem do horário da unidade)</u>
<u>Pré-visualização em 360°</u>	<u>Campo correspondente à pré-visualização das unidades em 360° (URL embebido)</u>

Tabela 7 - Estrutura da informação dos pontos de interesse

4.3 – Criação da Rede de acesso ao edifício

Com as etapas anteriores preparadas é preciso conceber os temas, que permitem a criação de trajetos no edifício e, para tal, foi usada a ferramenta “*Generate Pathways*”. Face aos *inputs* desta, foi utilizado a base de dados geográfica *indoors* como área de trabalho, o tipo de uso (*Use Type*) como o campo de escolha assim como as *layers* que correspondem às paredes interiores, paredes exteriores e a extensão do edifício sendo estas “A-WALL-INTR”, “A-WALL-EXTR” e “A-FLOR-OTLN” respetivamente. Estas três *layers* também foram selecionadas como as camadas que definem as restrições da rede a ser criada. A filtragem por instalação foi feita pelo edifício da faculdade, pois é o único edifício e na filtragem dos pisos foram escolhidos todos para permitir a criação de trajetos no edifício todo. A densidade da rede foi alterada para um valor de 40 centímetros querendo dizer que existe na rede uma distância entre cada cruzamento de linha de 40 centímetros.

Foi considerado um valor mais baixo, como 25 centímetros sendo este o valor mínimo possível na ferramenta, mas, após primeira análise do resultado da rede com este valor, o tempo de processamento é muito maior e os resultados manteve-se iguais razão pela qual se descartou a hipótese. O *output* deste processo é uma malha composta por pequenos triângulos conectados formando uma rede, conforme é apresentado na figura 9 apresentado pela cor roxa.

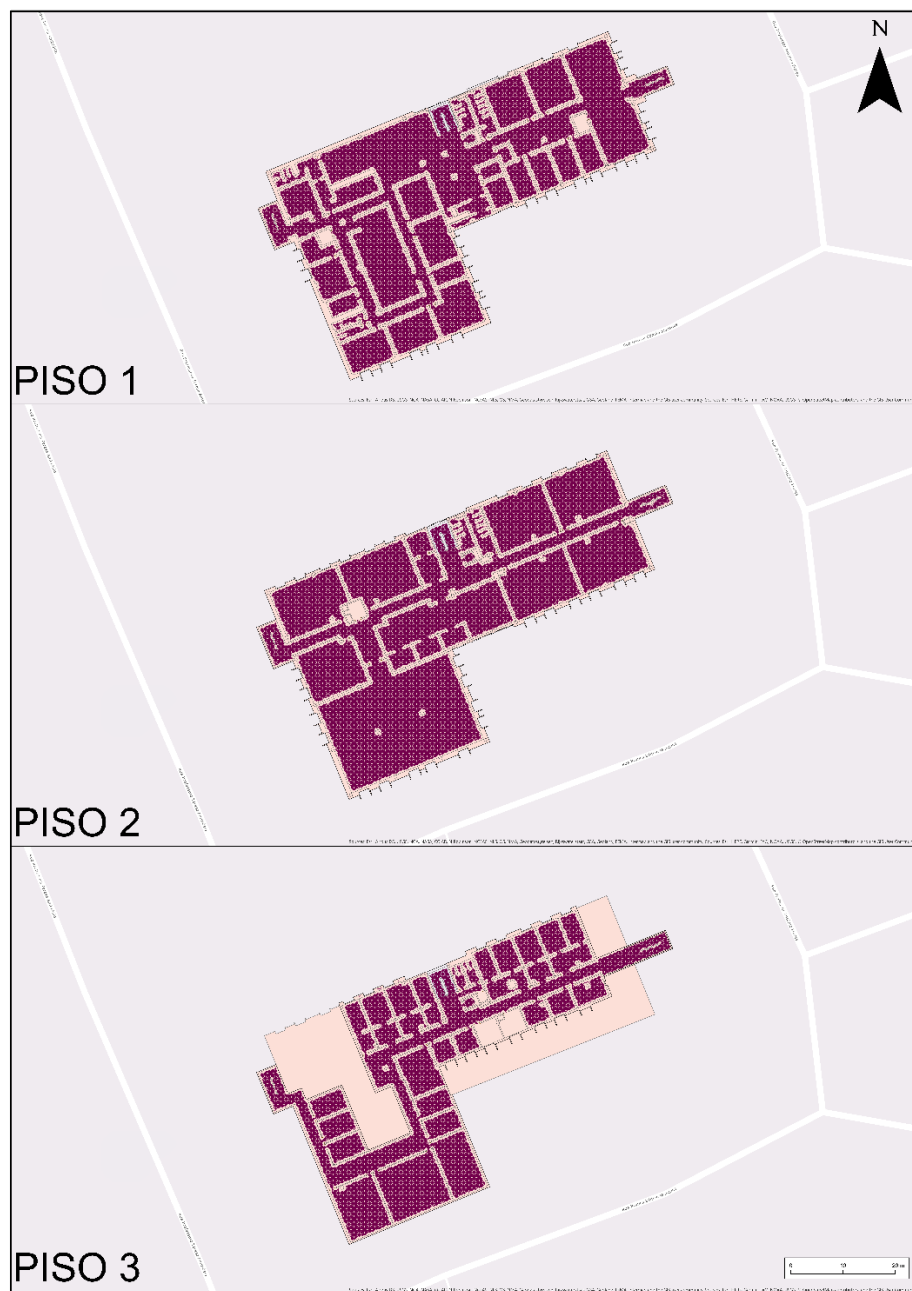


Figura 9 - Output da malha preliminar

A última etapa na criação da rede preliminar, envolve a utilização de um tema vetorial do tipo linha que ligue a malha de cada piso. Para a realização da tarefa foi usado o “*Create Floor Transitions*”. Nesta, os valores de *input* na ferramenta, para além da base de dados e do campo do tipo de unidade, são os elevadores e as escadarias nos seus respetivos *inputs* (“*Unit Elevator Transitions*” e “*Unit Stairway Transitions*” respetivamente).

Uma vez tendo estes temas criados é necessária a ligação entre pisos do tema correspondente às escadas. Para o efeito foi preciso editar os temas na perspectiva tridimensional, de forma a permitir uma visualização mais precisa da alteração do tema, conforme se pode observar na figura 10.

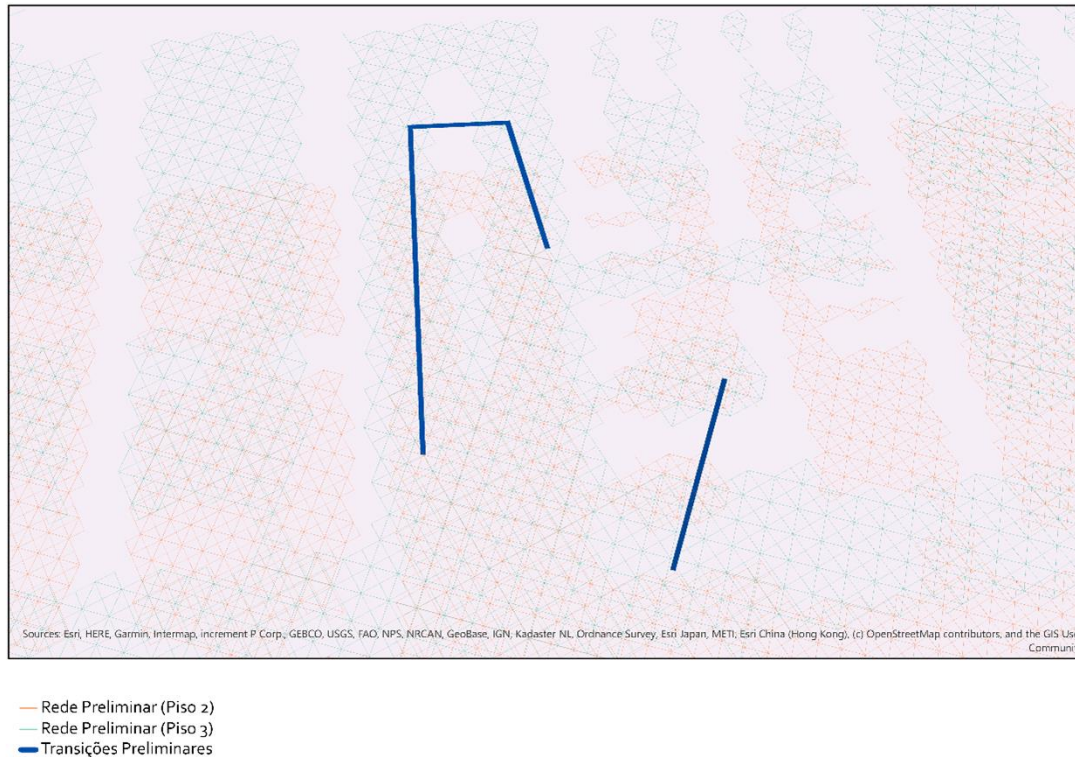


Figura 10 - Processo de criação da transição entre pisos

Tendo os temas das redes e das conexões preliminares feitas, tal como os pontos de interesse, existem condições para a criação do *dataset* da rede e com a existência dos pontos de interesse na base de dados. Assim, o passo seguinte consiste em preencher informação proveniente da tabela de categorias da base de dados que se adeque aos pontos de interesse, nomeadamente o tipo de categoria e o nome do ponto.

Com a rede preliminar construída, pode-se avançar para a criação do *dataset* da rede. A última etapa deste processo envolve simplificar a rede preliminar, com apenas todos os trajetos possíveis entre os pontos de interesse à escolha assim como entre pisos.



Figura 11 - Constituição da Rede Final

Efetuada a criação dos pontos de interesse, o passo final envolve simplificar a rede preliminar de forma a manter os caminhos mais otimizados para os pontos de interesse, daí o uso da ferramenta “*Thin Pathways*” ser o mais indicado. Os POI, com toda a informação serão os dados de *input*, a área de estudo será o edifício em si e todos os pisos deste são incluídos no intuito de que haja rotas que envolvam múltiplos pisos. O resultado obtido, visível na figura 11, corresponde a todos os trajetos possíveis no edifício por piso, simbolizado pelas linhas a vermelho.

4.4 – Criação da Rede AVAC

Conforme mencionado anteriormente, a rede de AVAC do edifício, devido ao fornecimento desta numa fase mais avançada do projeto, foi importada para o *software* como um tema próprio separado por cada piso e por insuflação e extração do ar. De modo a integrar na base de dados *indoors* é necessária a junção desta informação ao tema dos detalhes da base de dados. Para tal, foi criado um campo com a ordem vertical de cada rede e, através da ferramenta “*Append*”, estes foram importados para o tema dos detalhes com base no campo da ordem vertical. Na figura 12 é exemplificada como esta informação é apresentada no mapa. A rede elétrica devida à sua apresentação em CAD foi deixada como um ficheiro de extensão *.pdf* quando o utilizador consulte o modelo técnico.

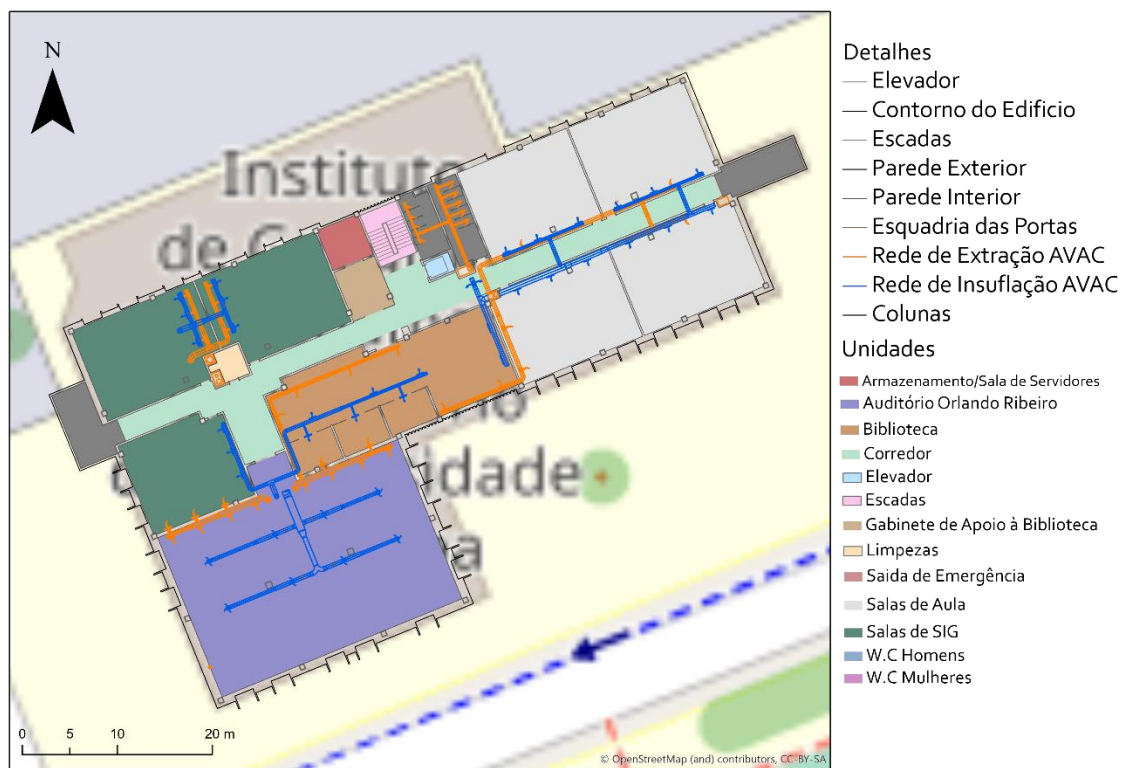


Figura 12 - Rede de AVAC do piso 2

4.5 – Modelo 3D

A primeira etapa na criação do mapa tridimensional do edifício é importar toda a informação proveniente do mapa de duas dimensões, e para tal foi convertido para um mapa que suporta temas tridimensionais, denominado de “*global scene*” no ArcGIS Pro. Antes de serem feitas quaisquer transformações aos temas, foi primeiro colocada a mesma simbologia presente no mapa de duas dimensões.

Como processo comum para os temas que constituem a infraestrutura do edifício, o primeiro passo é determinar o posicionamento vertical dos temas, definindo para o campo que apresenta os valores de elevação relativa (preenchido no ficheiro de configuração da base de dados) e o valor de desvio cartográfico para 50 centímetros de ajuste vertical, de modo que não obstrua outros temas, como os pontos de interesse. A configuração destes campos é observável na figura 13.

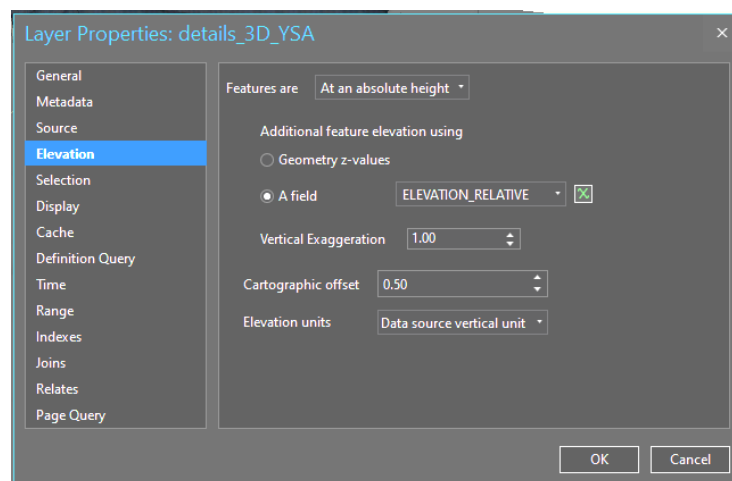


Figura 13 - Configuração dos campos das unidades, detalhes e níveis

A segunda etapa consiste em apresentar apenas informação de cada tema pertinente para a representação tridimensional, retirando alguns temas como escadas e portas de aparecerem. Para o tema dos detalhes é necessária uma medida extra, que é a representação visual de altitude do tema. Nesta etapa, o valor escolhido para a altura de cada piso foi equivalente ao campo da altura relativa, que corresponde a aproximadamente 3,4 metros, que foi calculado através da medição dos pisos do edifício.

Quanto aos POI, estes foram separados de acordo com as suas categorias principais na linguagem de esquema do ArcGIS *Indoors*, sendo estas “*Places + Things*” e “*Safety + Security*”, atribuindo a respetiva simbologia para cada um dos pontos. Relativamente aos valores de elevação, para permitir a futura partilha do mapa tridimensional no serviço *web*, apenas foi alterado o desvio cartográfico para 50 centímetros.

De forma a representar o edifício o mais parecido à realidade, foram retiradas fotografias das componentes deste (paredes externas, internas e as alterações à parede externa com as recentes alterações feitas no edifício) e utilizadas como texturas nos respetivos temas. Por último, o tema das unidades permanece com a mesma simbologia atribuída no mapa 2D.

Tendo a configuração dos temas e a respetiva simbologia atribuída, o último passo de preparação do mapa 3D é a exportação de todos os temas, que tem como finalidade a visualização neste mapa, com propriedades 3D. Para tal, foi utilizada a ferramenta “*Layer 3D To Feature Class*” e criado um *dataset* dentro da base de dados *indoors* destinadas a estes temas, denominado de “*3D LAYERS*”. O resultado é observável na figura 14.

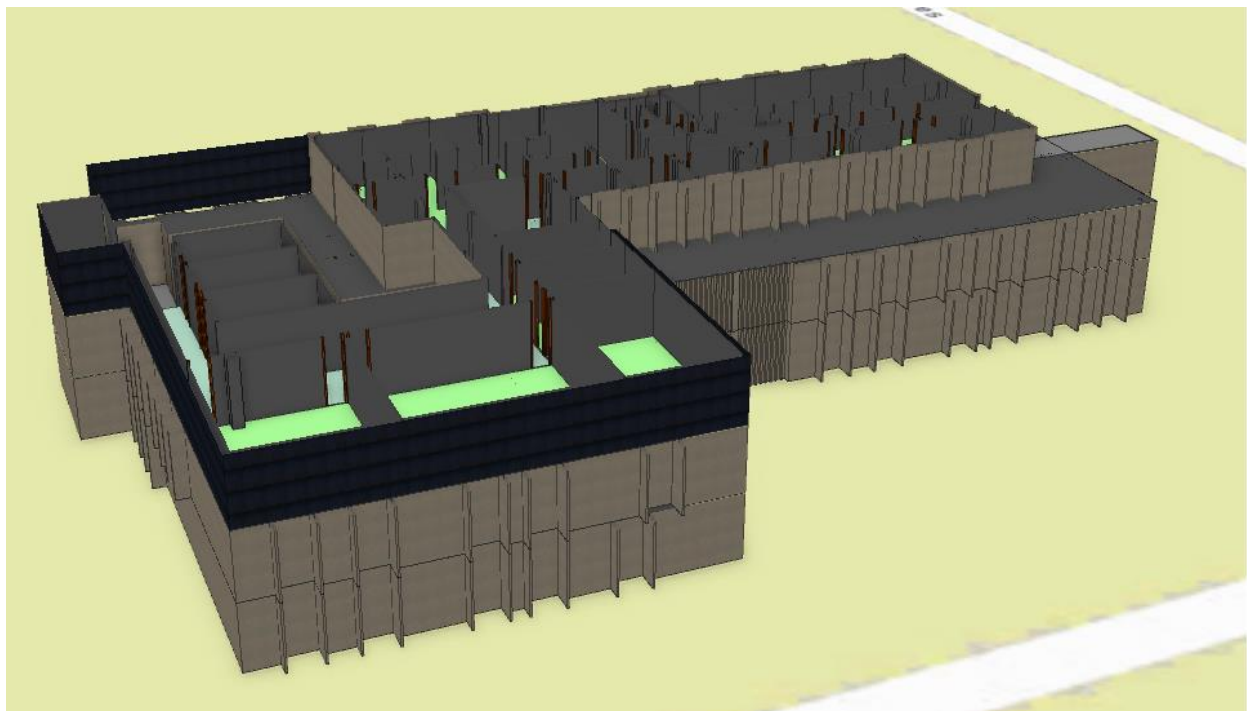


Figura 14 - Mapa 3D do IGOT

4.6 – Criação do modelo *Mobile*

A criação do mapa para dispositivos móveis, tal como no ponto anterior, consiste na importação dos temas que serão necessários para este. Para tal, foi necessário o uso dos temas dos detalhes, unidades, níveis, instalações, tabelas de configuração, POI com a sua devida categoria, como separação na tabela de conteúdos tal como as zonas de localização e os temas que incorporam a rede de mobilidade do edifício. A razão na qual a última é importada para o mapa e não no mapa 2D e 3D é devido à incapacidade do modelo *indoors* em dispositivos *mobile* poder utilizar um tema da rede existente *online* e, como tal, tem de ser introduzido diretamente no projeto. Relativamente à simbologia dos temas em uso, esta permanece igual ao mapa 2D utilizando a simbologia fornecida na extensão o máximo possível. O último aspeto a ter em conta neste modelo trata-se do mapa de base sendo que este tem de ser guardado *offline* para funcionar. Para tal, foi guardado uma porção do mapa de base do “*WorldStreetMap*” com valores de escala entre 1:70 e 1:2500. Existem outros parâmetros que foram deixados com os seus valores por defeito na tabela de configuração do modelo *indoors*, tal como a frequência no qual o dispositivo fornece informação sobre a localização deste.

4.7 – Configuração da aplicação *online* dos modelos *Indoors/Mobile*

Tendo todos os mapas preparados, o passo seguinte é a partilha de cada mapa através do portal *enterprise* da ESRI para o ArcGIS, sendo neste que será criada e configurada a aplicação *web* do ArcGIS *Indoors*.

De modo a aplicação *web* funcionar corretamente são partilhados e configurados, dentro do ArcGIS Pro, 4 mapas para o portal:

- Mapa *indoors* 2D do IGOT;
- Mapa *indoors* 3D do IGOT;
- Mapa com as características da rede de mobilidade do IGOT;
- Mapa *indoors mobile*.

4.7.1 – Preparação e partilha do mapa 2D

Com o mapa *indoors* 2D é necessário realizar algumas alterações à hierarquia e visibilidade dos temas¹². Na tabela 8 abaixo estão apresentados temas que foram utilizados tal como a sua visibilidade e hierarquia.

<u>TEMA (POR ORDEM HIEÁRQUICA)</u>	<u>VISIBILIDADE</u>
<i>Facilities</i> (Instalações)	Ligada
<i>Places + Things</i> (Pontos de Interesse)	Ligada
<i>Safety + Security</i> (Pontos de Interesse)	Ligada
<i>Details</i> (Detalhes do edifício)	Ligada
<i>Units</i> (Unidades do edifício)	Ligada
<i>Levels</i> (Níveis do edifício)	Desligada
Mapa de Base	Ligada
Tabela de configuração dos pontos de interesse	<->
Tabela de configuração do ArcGIS <i>Indoors</i>	<->

Tabela 8 - Visibilidade, Hierarquia e Constituição dos temas necessários para a partilha do mapa 2D *indoors*

Com o ArcGIS *Indoors*, existe a possibilidade de configuração de *labels* a apresentarem no mapa, o nome dos temas pretendidos tal como de *pop-ups* em que ao clicar na característica do tema pretendido, aparece a informação pretendida do tema. Face a estas duas funcionalidades, foram ambas desligadas para todos os temas no mapa em favor de configurá-las numa fase posterior na *web* pois permite a introdução de linguagem de marcação HTML5 (*Hypertext Markup Language* 5). Tendo estes dois pontos estabelecidos, a fase seguinte envolve partilhar o tema para o portal estabelecido. A partilha do tema é feita dentro do *software* através da funcionalidade “*Share As Web Map*” na qual foi atribuído um nome, descrição e etiquetas de pesquisa ao tema. Quanto ao tipo de configuração, como é pretendido que o mapa use a funcionalidade de pesquisa da *web application* do ArcGIS *Indoors*, foi escolhida a configuração “*Reference registered data: Exploratory*” permitindo tal funcionalidade por *queries* de pesquisa.

¹² <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/indoors/prepare-a-map-for-indoors-web.htm>

4.7.2 - Preparação e partilha do mapa 3D

Similarmente à preparação do mapa 2D, o mapa tridimensional requer alguma alteração quanto à hierarquia dos temas¹³. Na tabela 9 estão apresentados os temas que foram utilizados e a sua hierarquia. Tal como no mapa de duas dimensões, neste foram desligadas as *labels* e *pop-ups* para a configuração futura na *web*. Relativamente à configuração de partilha para o portal, este é partilhado como uma “*Web Scene*” e apenas é necessário preenchimento do nome, informação e etiqueta ao mapa partilhado tal como a pasta no mesmo e o grupo para o qual é partilhado.

<u>TEMA (POR ORDEM HIEÁRQUICA)</u>	<u>VISIBILIDADE</u>
Detalhes	Ligada
Unidades	Ligada
Níveis	Ligada
<i>Places + Things</i> (Pontos de interesse)	Ligada
<i>Safety + Security</i> (Pontos de interesse)	Ligada
Mapa de Base	Ligada
Tabela de configuração dos pontos de interesse	<->
Tabela de configuração do ArcGIS <i>Indoors</i>	<->

Tabela 9 - Visibilidade e Hierarquia dos temas necessários para a partilha do mapa 3D indoors

¹³ <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/indoors/prepare-a-map-for-indoors-web.htm>

4.7.3 - Preparação e partilha da rede

De forma a que a rede de mobilidade possa ser utilizada em todos os modelos *indoors*, esta tem de ser partilhada no portal de modo separado e utilizada na *web application*, como uma *route layer* através do seu URL (*Uniform Resource Locator*). A razão na qual esta separação é feita deve-se a que o mesmo sistema de rotas possa ser usado em simultâneo, quer no modelo 2D quer no modelo 3D. Para preparar a rede é necessário importar, para a tabela de conteúdos, o *dataset* da rede. É igualmente necessária importar um tema de rotas proveniente da ferramenta de rotas do ArcGIS Pro, designado de “*Network Analyst*”, conforme se pode verifica na figura 15. Com estes temas criados, reúnem-se todas as condições para partilhar a informação para o portal.

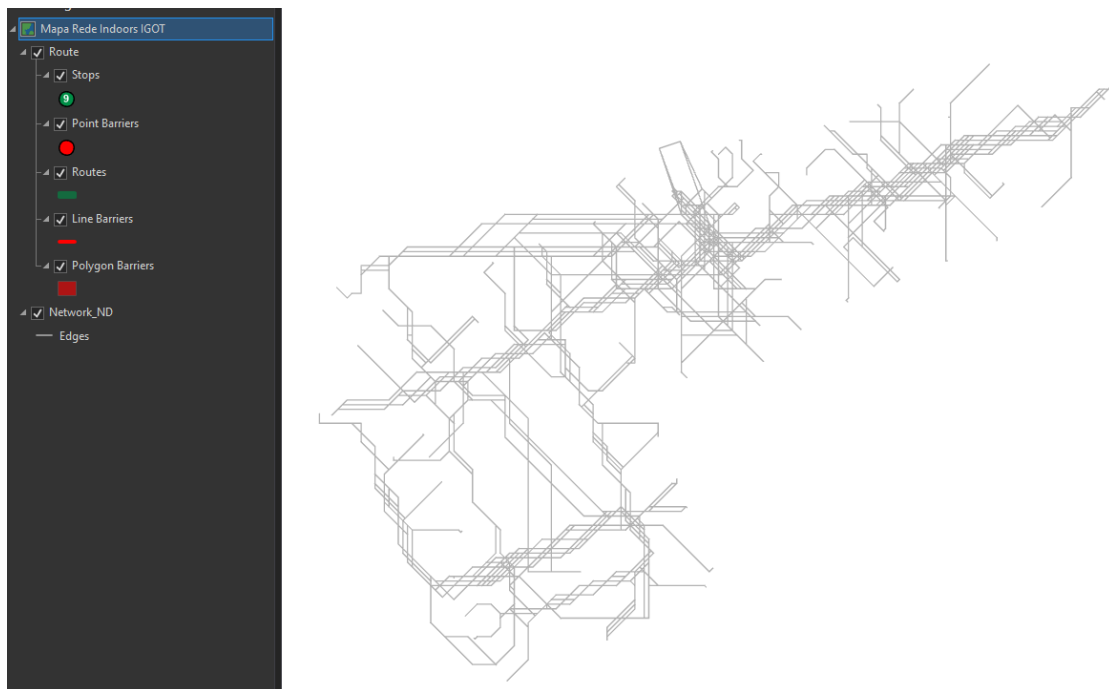


Figura 15 - Esquema do mapa da rede na tabela de conteúdos

Contrariamente aos dois mapas anteriores, este será partilhado como uma *web layer* para manter a capacidade da *network dataset* e relativamente à configuração da partilha, para além dos campos de meta-dados do ficheiro, para a rede funcionar no portal, optou-se por copiar todos os dados relativamente ao mapa e escolher como tipo de *layer* “*Map Image*”, sendo que a escolha desta se deve à capacidade de realizar consulta de informação *online*. A visualização da configuração da partilha do mapa é visualizada na figura 16.

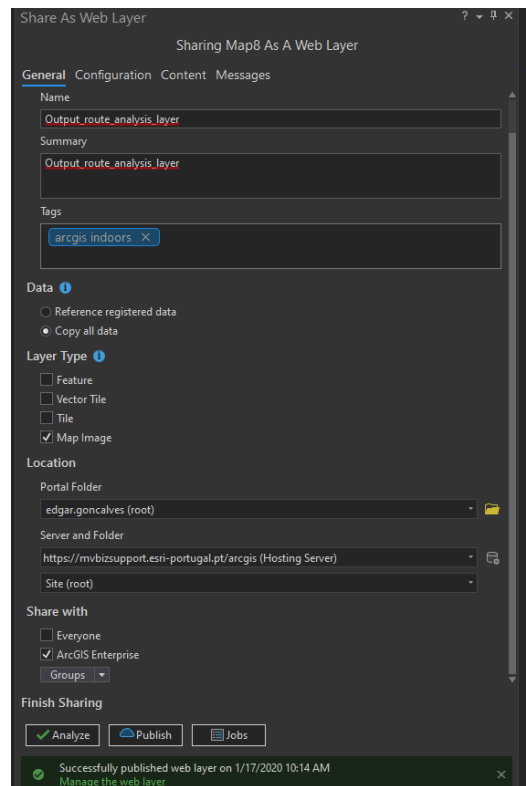


Figura 16 - Configuração de partilha do mapa da rede

4.7.4 - Preparação e partilha da aplicação *mobile*

O mapa para uso no ArcGIS *Indoors Mobile* nas plataformas moveis *android* e *ios* é o último a ser preparado. Como nos outros mapas, é necessário alterar a hierarquia e visibilidade dos temas na tabela de conteúdos.

Na tabela 10 é apresentado quais os temas que foram usados tal como a hierarquia e visibilidade destes.

<u>TEMA (POR ORDEM HIEÁRQUICA)</u>	<u>VISIBILIDADE</u>
<i>Places + Things</i>	Ligada
<i>Safety + Security</i>	Ligada
Detalhes	Ligada
Unidades	Ligada
Níveis	Ligada
Instalações	Desligada
Transições	Desligada
Caminhos	Desligada
Mapa de base <i>offline</i>	Ligada
<i>Network Dataset</i> da rede	Desligada
Zonas mortas	Desligada
Zonas de localização	Desligada
Tabela de Categorias	<->
Tabela de Configuração do ArcGIS Indoors	<->

Tabela 10 - Visibilidade e Hierarquia dos temas necessários para a partilha do mapa mobile

Para incluir o uso da rede de mobilidade neste mapa é necessária a importação desta na tabela de conteúdos e, relativamente ao mapa de base, este é necessário ser guardado *offline* para garantir máxima compatibilidade do mapa ao ser introduzido nas aplicações dos respetivos sistemas operativos. Para tal, foi guardado uma porção do mapa da região da área de estudo de modo a não ser pesado a nível de tamanho e memória.

O último aspeto a configurar neste mapa são os *pop-ups*, visto que estes não podem ser preparados após partilha do mapa. Para tal, apenas os POI existentes na *layer* “*Places + Things*” referentes às salas de aula, gabinetes e outras unidades ficaram disponíveis para consulta de informação e para a partilha do mapa, este é feito a partir de um pacote de mapa *mobile* (*Mobile Map Package*).

4.7.5 – Setup da aplicação WEB

Com todos os temas colocados no portal, a última etapa da metodologia envolve a configuração das aplicações *web* do ArcGIS *Indoors* para *desktop* e *mobile*.

Dentro do endereço do portal do ArcGIS *Enterprise*, é criada uma aplicação *web* do ArcGIS *Indoors* através da partilha desta mesma no portal. Para esta funcionar corretamente, é necessária a configuração do mapa 2D, nomeadamente a importação para a tabela de conteúdos do ArcGIS *Online* das tabelas de configuração do modelo tal como a configuração dos *pop-ups* neste. É importante mencionar que não é necessária a configuração do mapa 3D nem do pacote *mobile* no portal pois estas já foram feitas previamente no ArcGIS Pro.

Antes de importar o mapa 2D para a aplicação *web* é necessário configurar alguns aspetos deste e para tal foi utilizado o ArcGIS *Online* para realizar estas operações. Como primeira etapa removeu-se a opção de apresentar informação em todos os temas excluindo os POI, o tema das instalações e as unidades. Face aos POI, a configuração dos *pop-ups* foi feita usando as ferramentas de configuração destes fornecidas pelo ArcGIS *Online*. No entanto é preciso ter em conta, que devido às limitações existentes na versão em uso do ArcGIS *Indoors*, não é possível utilizar diferentes configurações de *pop-ups* para apenas alguns POI, daí apresentar todos os campos possíveis neste. A tabela 11 apresenta como o *pop-up* é visualizado no navegador. Por último, quanto ao tema das unidades, foi deixado também como *pop-up* a área, em metros quadrados, das respetivas unidades.

<u>NOME DO CAMPO</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>
Nome:	Nome da unidade
Horário:	Horário (se disponível) da unidade
Pré-Visualização em 360°:	Pré-Visualização em 360° pela plataforma “Momento360”
Capacidade:	Capacidade máxima que a unidade sustenta
Pessoas:	Pessoas (se disponível) que a unidade contém
Horário de Atendimento:	Horário de Atendimento (se disponível) da unidade

Tabela 11 – Esquemática da pré-visualização do *pop-up* dos pontos de interesse

Como última etapa de tratamento do mapa 2D, foram importadas para a tabela de conteúdos as tabelas de configuração do ArcGIS *Indoors*.

Estas são importantes pois consistem na ligação da funcionalidade da aplicação *web* com a informação existente no mapa. Para tal, estas são importadas através dos endereços respetivos das *layers* no *endpoint* REST (*Representational State Transfer*) do mapa 2D. Este *endpoint* inclui toda a informação sobre o mapa, desde a constituição das *layers* à extensão do mapa. A importação das tabelas para a tabela de conteúdos do ArcGIS *Online* é feita copiando os endereços *URL* das respetivas tabelas e adicionando-os como uma *layer* proveniente da *web* (*Add layer from web*) e mudando o nome destas para o original. A tabela de conteúdos no fim deste processo fica conforme é apresentada na figura 17.

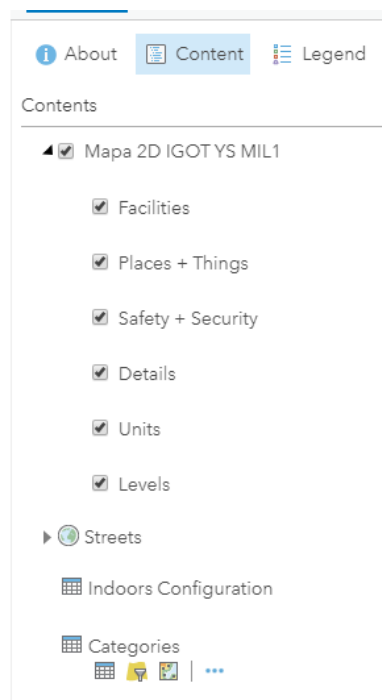


Figura 17 - Tabela de conteúdos Online do mapa 2D

Com o tratamento do mapa 2D, reúnem-se todas as condições para a configuração da aplicação *web*. Esta é composta de 5 opções de entrada, conforme se pode observar na figura 18, sendo estas:

- Escolha do mapa;
- Escolha do modelo 3D;
- URL (*Endpoint REST*) do serviço da rede (*network*);
- URL (*Endpoint REST*) do serviço de unidade mais próxima (no caso de o instituto consistir de vários edifícios);
- URL do serviço 311 (Ocorrência de eventos com base no ArcGIS *Survey123*).

Quer para o modelo público ou para o técnico foram utilizadas as primeiras três opções desta lista, sendo que a obtenção do URL para o serviço da rede é feita através do endereço da *layer* importada.

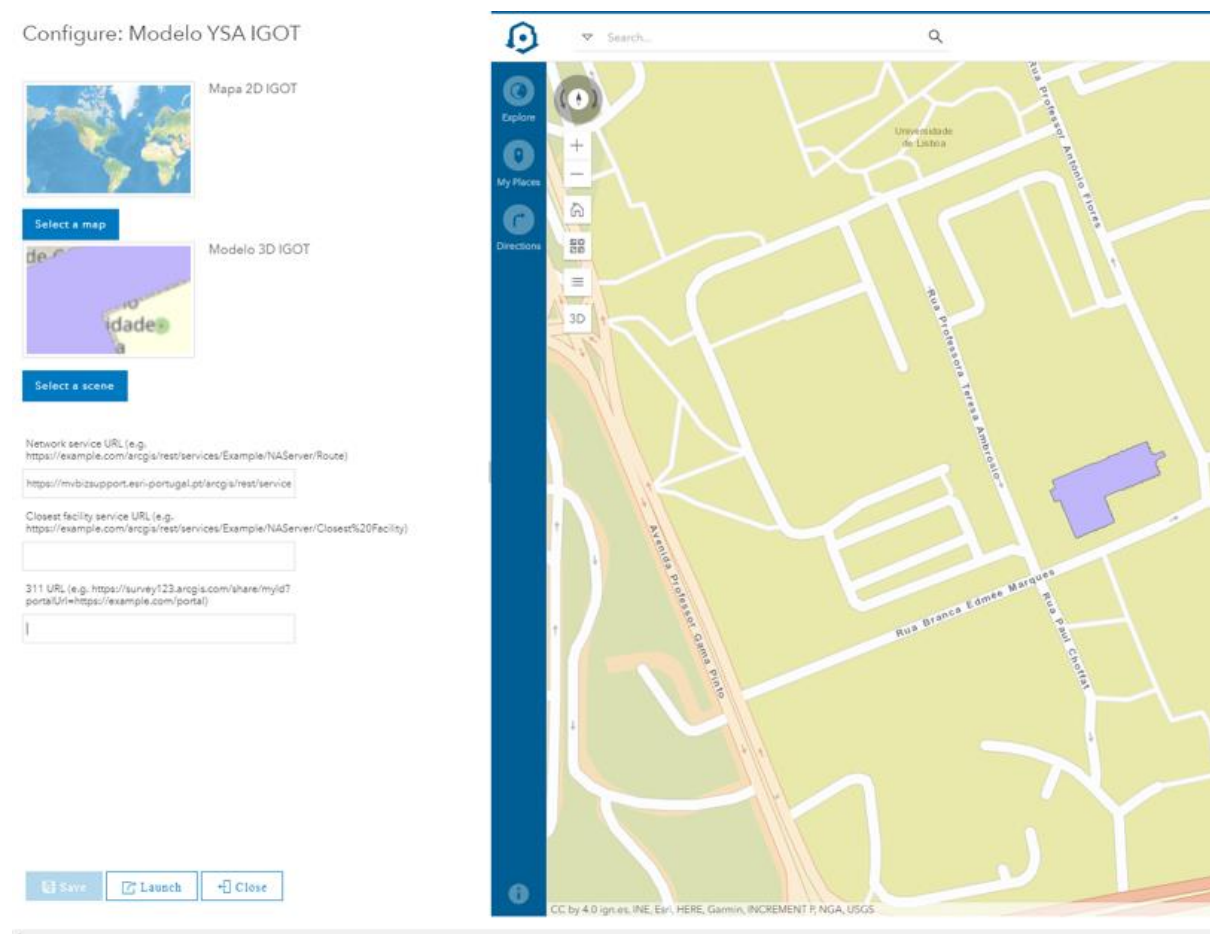


Figura 18 - Configurator do ArcGIS Indoors Web

Capítulo 5 – Resultados

O seguinte capítulo tem como foco principal, a apresentação e análise dos resultados obtidos com a metodologia implementada no capítulo anterior tal com uma explicação de como estão estruturadas as plataformas e as suas funcionalidades. Como foi apresentado no esquema metodológico visível na figura 2, o *output* obtido divide-se em dois modelos. O primeiro modelo, de âmbito público, apresenta a informação necessária para um utilizador do espaço, quer seja estudante ou planeie no futuro visitar o edifício; e o segundo modelo, de âmbito privado, apresenta informação essencial para um técnico e para os utilizadores que trabalham no espaço. Este último contém informação como a localização dos quadros elétricos, câmaras de segurança e a rede de AVAC. A razão na qual foi feita esta separação deve-se sobretudo por questões de privacidade pois, devido à natureza da aplicação, é impossível usar a mesma plataforma e esconder a informação com base no perfil da pessoa.

Ambos os modelos estão divididos em duas plataformas: uma para uso no navegador do computador ou do *smartphone* (ArcGIS Indoors Web) e a última para uso nativo nos *smartphones* que tenham o sistema operativo *ios* ou *android* (ArcGIS Indoors Mobile). Para uma visualização em pormenor do modelo, o seguinte link abre um vídeo representante das funcionalidades descritas: <https://drive.google.com/file/d/14hFGDnZSygm9sI3EyQRL4cLQp9bazdr/view?usp=sharing>

5.1 - Modelo Web

Começando com o modelo público, a figura 19 apresenta o esquema do visualizador *web* do ArcGIS *Indoors*. Conforme se pode observar, esta reparte-se principalmente em 3 divisões. A aba esquerda contém dois botões que apresentam os pontos de interesse disponíveis no edifício segmentados pelas suas respetivas categorias (*Explore*) tal com os locais pesquisados recentemente na aplicação *web* (*My places*) e por último, qualquer funcionalidade tratada na configuração da aplicação que neste caso apenas aparece o sistema de rotas do edifício (*Directions*).

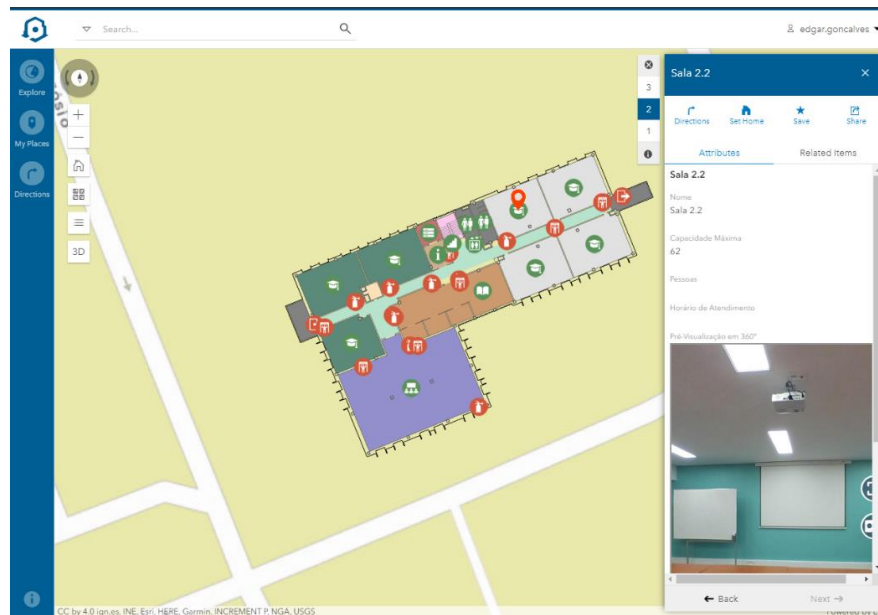


Figura 19 - Layout do modelo web desktop do ArcGIS Indoors

Entrando em detalhe nas duas primeiras funcionalidades da aplicação, visível na figura 20, a apresentação da informação nestas está diretamente ligada a alterações definidas aos pontos de interesse. Na funcionalidade “*Explore*”, a informação aparece separada conforme a sua categoria e subcategoria definida na metodologia assim como a simbologia que foi atribuída. A funcionalidade “*My places*”, como o nome indica, é onde se encontra todos os locais consultados pelo utilizador no uso da aplicação e também permite a este consultar direções para este. É importante referir que embora seja usada a categoria “*Retail+Services*” na preparação da informação, todas as subcategorias dentro ficam englobadas na categoria “*Places+Things*”.

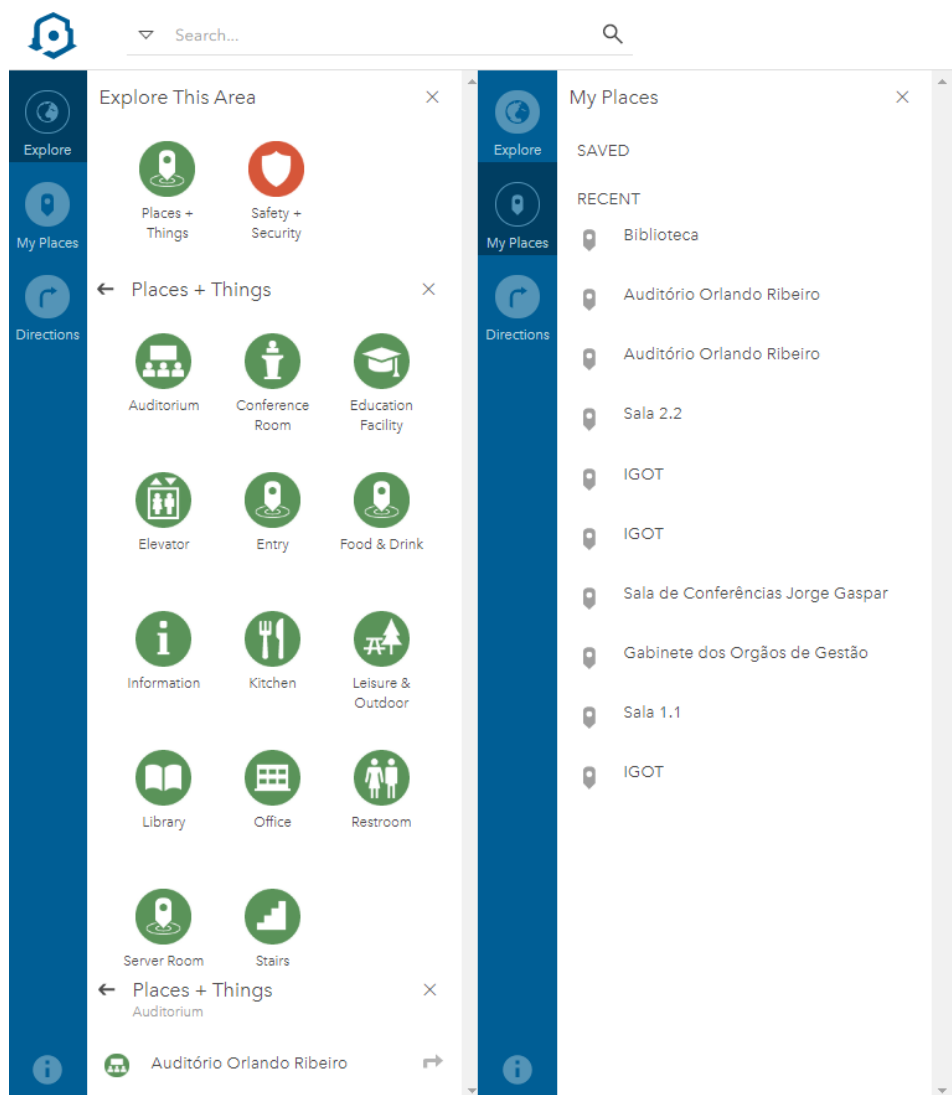


Figura 20 - Funcionalidade "Explore" e "My places" do ArcGIS Indoors Web

Quanto ao sistema de rotas da aplicação *web*, a sua interface é bastante simples para o utilizador. Conforme se pode observar na figura 21, nesta é possível configurar o ponto de início (Letra A), o ponto de fim (Letra B), tal como a opção de pontos intermédios na criação da rota (Letra C). O sistema de rotas também permite a opção de escolher as escadas ou, se o utilizador preferir, o uso de elevador (Letra D). Com as definições feitas, o tempo de criação da rota é instantaneamente apresentando (Letra E) tal como todos os passos do percurso desde a duração à distância no sistema imperial.

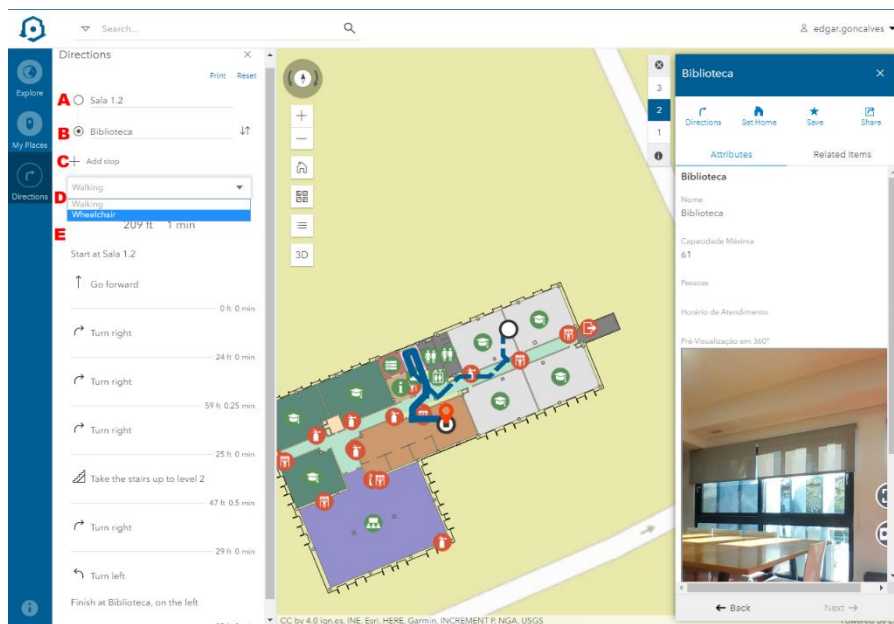


Figura 21 - Sistema de rotas da aplicação Web ArcGIS Indoors

O visualizador de informação, situado no centro da aplicação, apresenta esta com base na escolha de informação que o utilizador queira ver e que este clique, podendo dizer que é responsivo com base no uso do utilizador. Neste é possível também alterar a escala da informação, mapa de base, ativação de *layers* específicas e também visualizar a informação em duas ou três dimensões, conforme se pode observar na figura 22.



Figura 22 - Visualizador 3D do ArcGIS Indoors

A aba direita é específica para a informação existente nos POI do edifício e esta apresenta a informação sobre o ponto configurada na metodologia, sendo estas o nome do espaço, a sua capacidade máxima, as pessoas que frequentam o espaço e a pré-visualização em 360°. Esta última é possível de observar em ecrã inteiro, assim como utilizar o rato para observar os conteúdos do espaço. Em cima desta informação, situam-se 4 opções: as de obter direções para o ponto; definir como o primeiro local a consultar no futuro; guardar como favorito; e partilhar o ponto como uma hiperligação.



Figura 23 - Aba correspondente à informação dos pontos de interesse

Por último, no que toca à funcionalidade do *ArcGIS Indoors Web*, conforme se pode observar na figura 24, ao pesquisar por um docente da faculdade ou pelo nome do espaço, aparece a localização deste no edifício e toda a informação sobre o espaço.



Figura 24 - Funcionalidade de pesquisa do ArcGIS Indoors Web

No que toca ao modelo privado do edifício, a informação existente no modelo público mantém-se neste, com a adição de informação específica do edifício como câmaras de vigilância, quadros elétricos, mangueiras para combate a incêndio e a rede de AVAC do edifício. Quanto a esta última, conforme se pode observar na figura 25, esta é visível e dividida em duas cores: o laranja simbolizando (insuflação/extração) e o azul simbolizando (extração/insuflação). Dada a natureza da informação relativamente ao esquema elétrico do edifício, quando o utilizador clica na rede de AVAC, esta tem disponível uma hiperligação à informação do edifício.



Figura 25 - Funcionalidade das redes infraestruturais do edifício no ArcGIS Indoors

5.2 - Modelo Mobile

A figura 26 representa o esquema do ArcGIS *Indoors* do IGOT, para dispositivos móveis pelo navegador. Conforme foi mencionado relativamente à responsividade da aplicação, a interface do ArcGIS *Indoors* Web adapta-se ao *smartphone* deixando os menus acessíveis ao utilizador. Quanto ao conteúdo a versão mobile apresenta a mesma informação que a versão *web*, incluindo a visualização 360° das salas do edifício.

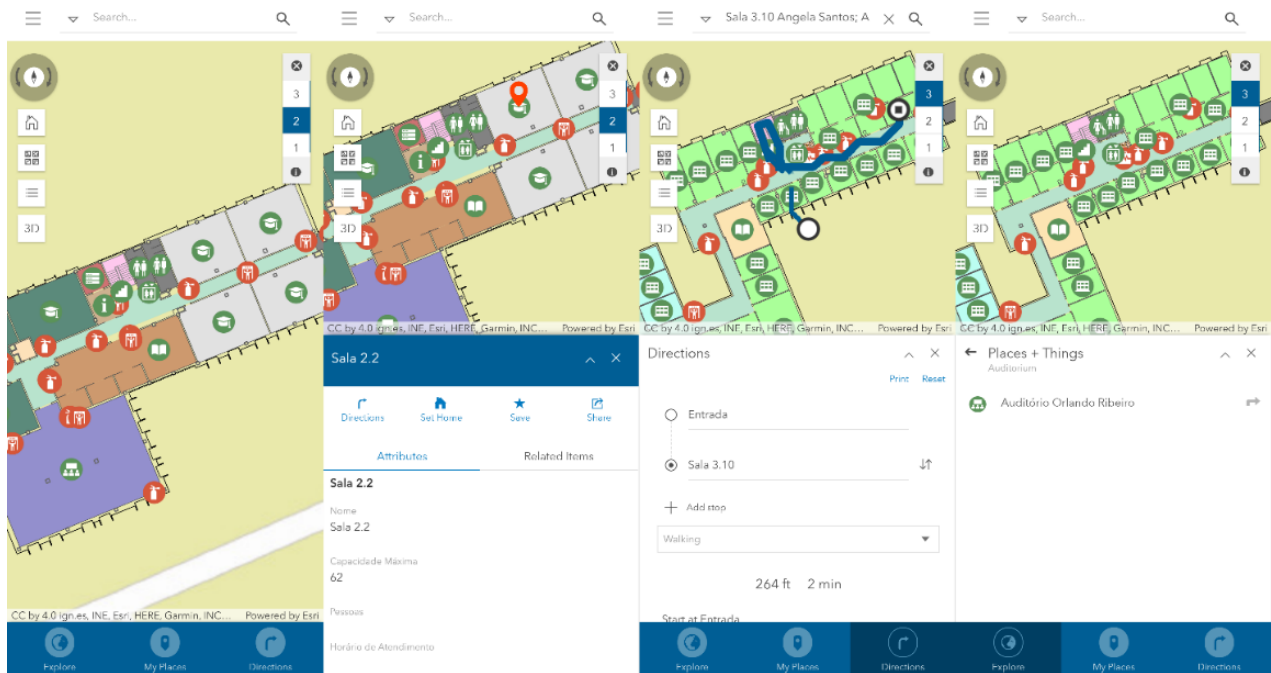


Figura 26 - Esquemática e funcionalidade do ArcGIS Indoors Web Mobile

A versão nativa do ArcGIS *Indoors* para os *smartphones*, com o sistema operativo *ios* ou *android* tem uma vantagem face à utilização da versão *web* do ArcGIS *Indoors* nomeadamente, o uso dos sensores do dispositivo para mostrar em tempo real a localização do utilizador no espaço. Na figura 27 é possível verificar um exemplo desta funcionalidade num *smartphone*, com o sistema operativo *android*. Quanto à informação do edifício, esta versão apresenta toda a informação do edifício apenas excluindo a visualização em 360° das salas de aula.

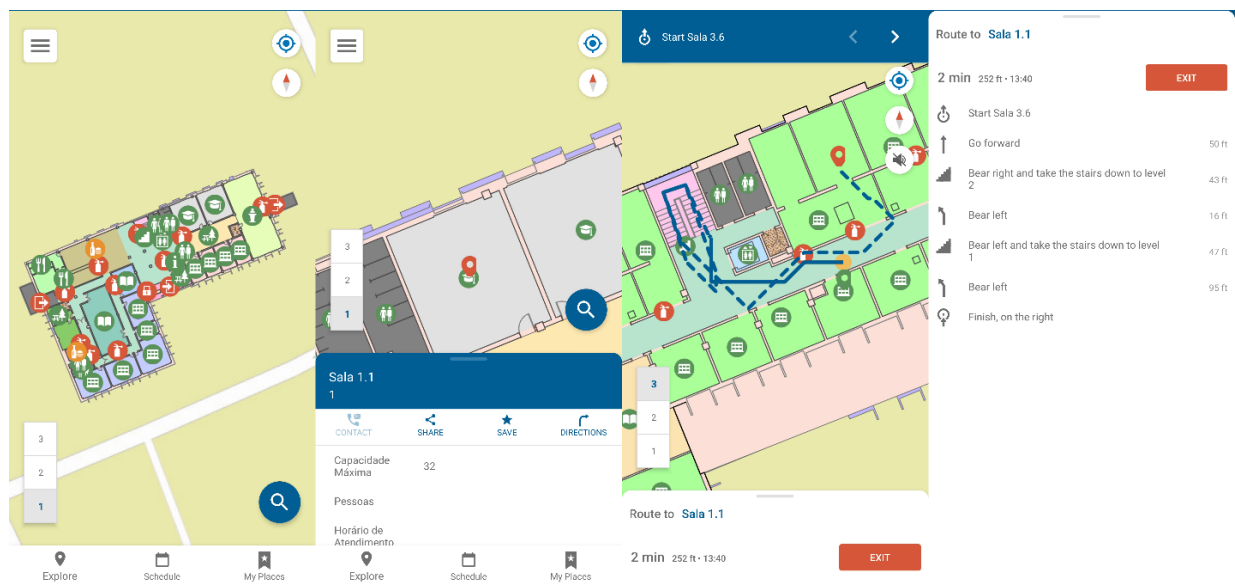


Figura 27 - Esquemática e funcionalidade do ArcGIS Indoors Mobile para Smartphones

Considerações Finais

O principal objetivo deste relatório foi o desenvolvimento de uma modelo com propriedades multidimensionais do edifício do IGOT-UL, cuja sua visibilidade fosse possível em múltiplas plataformas. A metodologia criada para este modelo teve sempre em conta a possibilidade de introduzir elementos essenciais, não só para visitantes e pessoal da faculdade, como também para técnicos que usufruam deste modelo para consultar a infraestrutura do edifício.

Para a realização deste ensaio, foram usadas as plantas existentes em formato CAD do edifício do IGOT-UL tal como informação, também em formato CAD, das condutas da rede AVAC deste e informação recolhida através de idas ao edifício como os horários das salas de aula, os gabinetes dos docentes e quais os docentes presentes nestes, localização dos objetos técnicos do edifício como os pontos de acesso *wifi*, extintores, kits de primeiros-socorros e câmaras de vigilância. O tratamento desta informação foi realizado em múltiplos *softwares*, como o AutoCAD e o ArcGIS Pro e foi consolidada e estruturada usando a extensão ArcGIS *Indoors* para o ArcGIS Pro. A informação foi processada para ser visualizada e explorada através da aplicação *web* e *mobile* do ArcGIS *Indoors* quer a duas como a três dimensões.

A metodologia desenvolvida para este ensaio teve em conta diferentes critérios, tais como quais os passos que necessitam de ser obrigatórios tal como a informação que o utilizador forneça. No desenvolvimento desta, surgiram adversidades decorrentes de algumas limitações nomeadamente: primeiramente no tratamento da informação de base do edifício. Como esta primeira fase de tratamento no AutoCAD foi de experimentação, a etapa de conversão da informação de CAD para ambiente SIG foi feita com base nos resultados obtidos de cada tentativa de conversão e retendo os procedimentos que resultavam. Em segundo, o processo de georreferenciação do edifício foi feito, com base num mapa de base pois as plantas do edifício não fornecem coordenadas geográficas deste, levando a que nível geográfico exista um ligeiro erro-padrão. Embora esta situação não seja ideal as dimensões do edifício não sofreram qualquer tipo de alteração, mantendo nas aplicações *web* e *mobile* as medidas reais.

Mantendo neste tópico, embora o processo inicial de georreferenciação da planta do edifício e da informação dos objetos do edifício esteja no sistema de referência ETRS TM06, para que a base de dados *indoors* funcione e seja utilizável pelas aplicações *web* e *mobile*, esta teve de ser projetada para o sistema de referência WGS84 daí a apresentação da distância das rotas nas aplicações *web* e *mobile* do modelo *indoors* do IGOT em pés em vez de metros.

No entanto, para circundar esta limitação, foram convertidas as dimensões das unidades, pisos e edifício para ETRS TM06 e colocadas numa coluna específica de modo que, quando o utilizador consultar uma divisão deste, verifique as dimensões em metros quadrados dessa mesma.

Complementando o que foi dito anteriormente relativamente a limitações da metodologia, a escolha desta extensão deve-se sobretudo à sua adaptação pela ESRI, em passar a informação de CAD para um modelo em ambiente SIG que possa ser visto digitalmente e em múltiplas dimensões. No entanto, é importante frisar que devido à natureza do desenvolvimento da extensão, ainda existem alguns aspetos que dificultaram o desenvolvimento do modelo *indoors* para o IGOT, sendo o primeiro a criação da rede de acesso pedonal do edifício. Inicialmente, o objetivo seria utilizar as saídas de emergência na rede caso surja algum tipo de ocorrência dentro do edifício em que haja a necessidade de as usar, daí colocar estas como redes secundárias, dando sempre a prioridade às escadas e ao elevador. Contudo, no decorrer do desenvolvimento da rede com este conceito em mente, o *dataset* da rede não conseguia calcular percursos entre pisos sem utilizar as escadas de emergência, optando assim por se excluir esta ideia e manter apenas as escadas e elevadores principais com a georreferenciação da localização as saídas de emergência. Outro desafio no desenvolvimento do modelo *indoors* foi a transição do modelo 2D para o modelo 3D do edifício, especificamente na partilha do tema para o *portal* e para a aplicação *web*, nomeadamente na escolha de pisos dentro da aplicação. Embora a informação sobre a elevação e altitude relativa/absoluta se mantenha na transição de dimensão entre os modelos, ao utilizarmos esta na aplicação *web*, havia alguns temas que se mantinham com os três pisos, não mudando dinamicamente conforme o piso que o utilizador queira. No entanto, após múltiplas tentativas de partilha dos modelos para o *portal* eventualmente este problema foi corrigido. Dada a natureza da extensão, o utilizador necessita de credenciais para acesso ao portal no qual o modelo *indoors* está inserido. Todavia, futuramente poderá ser desnecessário o uso de permissões especiais, ou seja, quem tiver o URL do modelo poderá aceder a este sem apresentar quaisquer credenciais.

Um último aspeto importante a referir, corresponde à visualização das unidades na aplicação *web* do modelo *indoors*. Como é uma extensão em desenvolvimento, o seu idioma encontra-se apenas em inglês com a representação das unidades de medida no sistema imperial embora no futuro possa haver desenvolvimento para suportar outras unidades de medida e idiomas. De momento para utilizadores que tenham o idioma do sistema operativo em português, as distâncias aparecem em milhas em vez de pés.

Existem certos aspetos, que devido ao tempo possível para a realização da parte técnica do edifício não foram possíveis de integrar. Primeiramente, a extensão do *ArcGIS Indoors* permite a incorporação de calendários de eventos que existam no edifício através do input da *staff* deste. Tendo essa funcionalidade, o utilizador consegue consultar quais os eventos que vão decorrer no futuro, com uma breve descrição à escolha da *staff* e que também mostra qual a sala que decorrerá esse evento com direções para esta. O *ArcGIS Indoors*, através da incorporação com o *Survey123* permite criar um sistema de ocorrências dentro do edifício em que o pessoal do edifício, através da aplicação sinalize qual o tipo de ocorrência com uma descrição e aparece na versão *web* e *mobile* do edifício.

A extensão suporta o uso de uma chave de API (*Application Programming Interface*) de fornecedores de serviços de sistemas de posicionamento de interiores como a *indoo.rs*. Através da implementação desta chave no modelo, este adquire a funcionalidade de usar pontos de acesso *wifi* como aparelhos *Bluetooth* para criar informação do posicionamento do utilizador com maior precisão.

Durante o desenvolvimento do relatório, o *ArcGIS Indoors* teve um acréscimo de funcionalidade nova a ser introduzida, a saber:

- Possibilidade de obter as direções por voz do percurso calculado;
- Visualização de horários incorporado na aplicação, excluindo a opção de criar uma hiperligação para horários das salas;
- Customização da aparência da aplicação, possibilitando a alteração do tema da aplicação *web* tal como o logotipo da aplicação;

Por último, como é uma extensão com pouco tempo de desenvolvimento, é comum o aparecimento de *bugs* e dada a natureza do servidor onde o *ArcGIS Indoors* está instalado, existem restrições de horários, daí o modelo só estar disponível entre as 9h e as 18h de segunda-feira a sexta-feira.

A premissa inicial no início do desenvolvimento deste relatório era desenvolver uma solução que envolvesse a criação, armazenamento, análise e visualização em múltiplas dimensões do edifício do IGOT. Com a metodologia construída e com o leque de ferramentas utilizado, pode-se dizer que o processo pretendido para o desenvolvimento desta solução foi realizado com sucesso e, embora as dificuldades mencionadas previamente, o modelo obtido corresponde aos objetivos pretendidos.

O uso desta solução *web* e *mobile* habilita a quem trabalha neste espaço de aceder à informação do edifício digitalmente, e também permite a adição e modificação do conteúdo envolvente nos projetos facilmente através dos projetos do *ArcGIS Pro*, nomeadamente casos de emergência, para que haja uma consulta desta informação para planeamento de acções como por exemplo percursos de evacuação.

Com o trabalho desenvolvido, existem aspetos que devem ser aprofundados no modelo, nomeadamente no preenchimento da informação dos objetos do edifício como a informação sobre os extintores relativamente à sua manutenção na eventualidade de um técnico consultar o modelo privado do edifício ter essa informação à disposição tal como uma representação tridimensional destes mesmos. A importação de informação relativamente às restantes redes infraestruturais do edifício de momento ainda é um processo demorado e a plataforma usada não suporta oficialmente este tipo de informação, daí a forma como foi importada.

Relativamente à simbologia fornecida pelo *ArcGIS Indoors*, a versão utilizada ainda é muito limitada no tipo de categorias e subcategorias que podem se definir aos pontos de interesse sendo que o melhor exemplo deste tipo de anomalia surge nas salas de espera do edifício, optando por uma simbologia mais adequada a espaços *outdoor* de lazer.

Por último, também foi colocado em prática um pequeno grupo de utilizadores representantes de diferentes cargos da faculdade, desde alunos a professores e *staff* da faculdade, a utilizar o modelo privado do *ArcGIS Indoors Web* e responder a um questionário que reflete o uso deste, de forma a ter uma perspetiva de como o modelo é visto num cenário mais prático. Devido a limitações de tempo, este tópico não foi desenvolvido neste trabalho.

A consulta deste questionário pode ser visualizada no anexo 4. Embora o inquérito não tenha sido respondido por todos os inquiridos, com as respostas obtidas é possível dizer que o *feedback* do uso do modelo foi positivo, sendo que relativamente a todas as questões colocadas neste observáveis no anexo 4, a nota média de classificação foi sempre superior a 7 numa escala de 0 a 10.

Tendo estas limitações em mente, o uso desta metodologia consegue responder ao objetivo inicial de armazenar, analisar, captar e visualizar informação correspondente ao edifício do IGOT numa base de dados geográfica que pode ser consultada através do *ArcGIS Indoors*, que fornece informação não só aos utentes do espaço, mas também a técnicos que necessitem de perceber a localização de elementos estruturais do edifício. Também responde à procura atual de transformação de espaços existentes em espaços inteligentes, otimizando o uso deste para uma melhor gestão dos espaços.

O uso desta metodologia pode ser adaptado para outras áreas como por exemplo a gestão de distanciamento social durante a atual pandemia de Covid-19 facilitando a gestão da força de trabalho dentro dos espaços interiores do edifício tal como num polo universitário, dando como exemplo o *campus* da Universidade de Lisboa que ao implementar esta metodologia no *campus* universitário teria bastantes benefícios para estudantes da Universidade de Lisboa pois teriam uma base digital de todo o *campus* e dos interiores dos edifícios, mas também para técnicos e pessoal administrativo que necessitem de realizar a gestão destes espaços. Embora este último exemplo envolva múltiplos edifícios, o *ArcGIS Indoors* não só suporta múltiplos edifícios ao importar a informação proveniente de CAD para o modelo de informação do *ArcGIS Indoors*, como também a criação de rotas entre edifícios, otimizando os percursos entre edifícios aos utilizadores do espaço. Embora tenha sido uma ambição no início do desenvolvimento deste trabalho, seria um projeto que a nível de tempo seria longo, mas que em teoria possível de ser realizado.

É também pertinente referir que a aplicação desta metodologia como teve de caso de estudo o Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, a sua aplicação em outras faculdades, como por exemplo a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), para a qual já existe um modelo de visualização dos interiores dos edifícios da faculdade., mas também outras faculdades como Direito ou mesmo Medicina em que a metodologia seria facilmente replicável. Eventualmente existirão diferentes tipos de unidades ou outro tipo de informação que seja necessária importar, mas para gestores do espaço e orientação de utentes e estudantes no edifício a aplicação desta metodologia seria importante.

Bibliografia

- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2013). Smart cities—definitions, dimensions, and performance. *Proceedings IFKAD*, 1724-1726.
- Barbeito, A., Painho, M., Cabral, P. and O'Neill, J. (2016). Exploring the human body space: A geographical information system based anatomical atlas. *Journal of Spatial Information Science*, (12).
- Benedito-Bordonau, M., Gargallo, D., Avariento, J., Sanchis, A., Gould, M., & Huerta, J. (2013). UJI Smart Campus: Un ejemplo de integración de recursos en la Universitat Jaume I de Castelló.
- Cohen, Boyd (2015), The 3 Generations Of Smart Cities, <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities> [Consultado 17-10-2019]
- Couclelis, H. (2003). The certainty of uncertainty: GIS and the limits of geographic knowledge. *Transactions in GIS*, 7(2), 165-175.
- Council, S. C. (2013). Smart cities readiness guide. *The planning manual for building tomorrow's cities today*.
- Edvardsson, K. N. (2013). 3D GIS modelling using ESRI's CityEngine: a case study from the University Jaume I in Castellon de la Plana Spain.
- Garb, J. (2017). Mapping the Human Body: A GIS Perspective. *Mapping Across Academia*, 105-121.
- Hall, R.E. (2000). The vision of a smart city. In Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop, Paris, France, September 28
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010) Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4).
- Hoy, M. B. (2016). Smart buildings: an introduction to the library of the future. *Medical reference services quarterly*, 35(3), 326-331.

Kourtit, K., Nijkamp, P. & Arribas, D. (2012) Smart cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European Journal of Social Sciences*, 25, No. 2, pp. 229-246.

Lima, D. M. A. (2016). *Campus virtual da FCUL: modelação de um edifício inteligente*. (Trabalho apresentado no EUE 2016)

Openshaw, S, Openshaw, C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography* (1st. ed.). John Wiley & Sons, Inc., USA.

Peponi, Angeliki; Morgado, Paulo. (2020). "Smart and Regenerative Urban Growth: A Literature Network Analysis." *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, no. 7: 2463.

Rocha, F. J. P. D. S. (2012). *Sistemas complexos, modelação e geosimulação da evolução de padrões de uso e ocupação do solo*. (tese de doutoramento)

Voženilek, V. (2009, November). Artificial intelligence and GIS: mutual meeting and passing. 2009 International conference on intelligent networking and collaborative systems (pp. 279-284). IEEE.

Weilin, X. (2014). *Spatial model-aided indoor tracking* (Doctoral dissertation, MSc. Thesis, Delft University of Technology, Netherlands).

Wieczorek, B., & Sobieraj, A. (2013). 3D GIS technology more accurate GIS every-day-reality. (Artigo em revista científica ucraniana)

Anexos

Anexo 1 – Tabela correspondente à folha “CAD Layer to FC Mapping”

<i>Feature Class</i>	Tipo da Feature	Descrição
Instalações	A-FACILITIES (Campo Obrigatório)	<i>Layer</i> do tipo polígono que define a extensão de todos os níveis da instalação acima do solo.
	B-FACILITY_LINES (Campo Obrigatório)	<i>Layer</i> de polilinhas que definem a extensão/arestas de todos os níveis acima do solo da instalação que a partir do qual um polígono será criado.
Níveis	C- LEVELS	<i>Layer</i> do tipo polígono que define a extensão de cada nível da instalação. É necessário um valor para LEVELS e LEVEL_LINES.
	D -LEVEL_LINES	<i>Layer</i> do tipo polilinha que define a extensão de cada nível da instalação.
Zonas	E - ZONES	Polígonos que definem um conjunto de unidades num nível. As zonas podem definir segurança, acessibilidade ou extensão de sistemas de instalação como AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado).
	F - ZONE_LINES	<i>Layers</i> do tipo polilinhas que definem as bordas do conjunto de unidades num nível no qual será criado um polígono. As zonas podem definir segurança, acessibilidade ou extensão de sistemas de instalação como AVAC.
Zonas (Atributo ZONE_ID)	G - ZONE_ID	<i>Layer</i> de anotação que contém uma cadeia de identificadores exclusiva para as zonas.
Zonas (Atributo NAME)	H - ZONE_NAME	<i>Layer</i> de anotação que contém uma sequência de <i>strings</i> comuns para a zona.
Secções	I - SECTIONS	<i>Layer</i> do tipo polígono que definem a extensão de uma secção que representam um conjunto de unidades que incluem uma subdivisão lógica de um nível. Ao contrário das zonas, as unidades tipicamente pertencem a uma secção. Podem ser chamadas de “Wings” (alas).
	J - SECTION_LINES	<i>Layer</i> de polilinhas que definem a extensão de uma secção que representam uma coleção de unidades que incluem uma subdivisão lógica de um nível que no qual o polígono será criado. Ao contrário das zonas, as unidades tipicamente pertencem a uma secção. Podem ser chamadas de “Wings” (alas).
Secções (Atributo SECTION_ID)	K - SECTION_ID	<i>Layer</i> de anotação que contém uma única <i>string</i> de identificação para as secções.
Secções (Atributo NAME)	L - SECTION_NAME	<i>Layer</i> de anotação que contém uma <i>string</i> comum de identificação para as secções.

Unidades	M - UNITS	Os espaços usáveis dentro de uma instalação que normalmente tem equipamento, pessoas, agendas ou outros ativos associados com eles. As unidades são normalmente simbolizadas de acordo com a sua utilização. Ex: escritórios, salas de conferência, ou laboratório de computadores.
	N - UNIT_LINES	Polilinhas que definem os limites dos espaços usados dentro da instalação nas quais os polígonos serão criados. As unidades são normalmente simbolizadas de acordo com a sua utilização. Ex: escritórios, salas de conferencia, ou laboratório de computadores.
	O - UNIT_ID	<i>Layer</i> de anotação que contém uma única <i>string</i> que identificação para as unidades.
	P - UNIT_NAME	<i>Layer</i> de anotação que contém uma <i>string</i> comum de identificação para as secções.
	Q - UNIT_USE_TYPE (Obrigatório)	<i>Layer</i> de anotação que contém uma sequência de uso para as unidades. É necessário um valor.
Detalhes	R - DETAILS	Polilinhas detalhadas que definem detalhes internos que mostram o particionamento de espaços e locais de entrada/saída para cada unidade de instalação como onde se situam as paredes, portas, janelas, etc. num mapa interno.
Uma <i>feature class</i> temporária que não é guardada.	S - OPENINGS	Define as aberturas das portas que devem ser fechadas para criar polígonos mais simples. Para <i>layers</i> de polígonos que são criados de polilinhas, ele identifica quais as polilinhas listadas na UNITLINE que são portas e quais devem ser fechadas.

Anexo 2 – Tabela correspondente à folha “*Facility Properties*”

<i>Feature Class</i>	Descrição
A - SITE_ID (Obrigatório)	Nome do edifício
B – SITE_NAME	Nome comum do edifício
C – FACILITY_ID	Mesmo <i>input</i> que nos outros dois
D – FACILITY_NUMBER	Número do edifício (Geralmente é 1)
E - NAME (Obrigatório)	Nome curto do edifício
F – NAME_LONG	Nome inteiro do edifício
G – DESCRIPTION	Descrição do edifício
H – ADDRESS	Morada do edifício
I – UNIT	Designação do edifício
J – LOCALITY	Cidade ou local do edifício
K – PROVINCE	O estado ou território onde o edifício situa (Lisboa = Lis)
L – COUNTRY	Pais onde situa o edifício
M – POSTAL_CODE	Código postal do edifício
N – DATE_BUILT	Data de construção do edifício
O – LEVELS_TOTAL	Número de andares que o edifício tem
P – ELEVATION_RELATIVE (Obrigatório)	O valor de base de elevação do edifício, relativo ao solo. O valor é tipicamente 0 e pode-se usar a altura média de um andar nos edifícios (aproximadamente 3 metros).
Q – ELEVATION_ABSOLUTE	O valor absoluto de base do edifício, relativo ao mar.
R – HEIGHT_RELATIVE (Obrigatório)	O valor relativo do topo do edifício, relativo ao solo.
S – HEIGHT_ABSOLUTE	O valor absoluto do topo do edifício, relativo ao mar.
T – ROTATION	A rotação geográfica do edifício. (Valores entre 0 e 180°). O valor neste campo é usado para criação da rede.
U – MERGE_LEVELS	Especifica se os vários níveis devem ser unidos para uma única pegada de polígono. (Tem como <i>input</i> neste campo Y ou N).

Anexo 3– Tabela correspondente à folha “Level Properties”

<i>Feature Class</i>	Descrição
A - SOURCE_PATH (Obrigatório)	A diretoria dos níveis do edifício
B - FACILITY_ID	<i>String</i> de identificação do edifício. (Tem de corresponder ao “FACILITY_ID” da aba anterior)
C - LEVEL_ID	<i>String</i> de identificação do nível
D – NAME (Obrigatório)	Nome comum do nível
E - NAME_SHORT (Obrigatório)	Nome curto do nível (Max. 4 caracteres)
F - DESCRIPTION	Descrição do nível
G - ACCESS_TYPE	Tipo de acesso ao nível (Público, Visitantes, Empregados, etc)
H - LEVEL_NUMBER	Um número inteiro que represente o número de cada nível
I - VERTICAL_ORDER (Obrigatório)	Um número que represente a ordem vertical de cada nível
J - ELEVATION_RELATIVE (Obrigatório)	O valor de elevação (eixo z) para cada nível, relativamente a uma superfície de terreno plana. Ex: 1 = 0 metros; 2= 3metros, etc
K - ELEVATION_ABSOLUTE	O valor absoluto (eixo z) de cada nível relativamente ao nível do mar. Ex: 1 = 254 metros; 2=258.25 metros
L - HEIGHT_RELATIVE (Obrigatório)	O valor de elevação (eixo z) para cada nível, relativamente ao nível do mar. Ex: 1 =90 metros; 2=93 metros, etc.
M - HEIGHT_ABSOLUTE	O valor de elevação (Eixo z) para cada nível, relativamente ao nível do mar. 1 = 258.25 metros; 2 = 262.5 metros.
N - CLOSE_DOORS	<p>Especifica se as portas do nível devem ser fechadas para criar um único polígono.</p> <p>Y= Sim. As polilinhas a serem unidas devem ser identificadas na secção “OPENING” na primeira aba.</p> <p>N = Não</p>
O - PROCESS	<p>Especifica se os ficheiros CAD devem ser processados.</p> <p>Y=Sim</p> <p>N=Não</p>

Anexo 4– Questionário de preenchimento ao modelo *Indoors* do IGOT

Questionário - Ensaio para uma Modelação 3D e Realidade Au...

Este questionário, desenvolvido por Edgar Gonçalves, nº3605, é realizado no âmbito do relatório de estágio de "Ensaio para uma Modelação 3D e Realidade Aumentada do IGOT para o campus da Ulisboa" para a obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicado ao Ordenamento do IGOT- Ulisboa. As perguntas desenvolvidas estão feitas para uma avaliação do uso do modelo e interface indoors desenvolvida.

Apresentação do modelo*

Classifique de 1 a 10 a apresentação do modelo sendo 1 classificado como "pouco intuitiva" e 10 como "simples e perceptível"

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

Precisão da informação*

Classifique de 1 a 10 a precisão e detalhe da informação apresentada no modelo, sendo 1 classificado como "insuficiente e pouco detalhada" e 10 classificada como "completa e detalhada"

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

Ao usar a interface do modelo, notou alguma dificuldade em encontrar informação que estava a pesquisar?

☐ Sim ☐ Não

Precisão e clareza da navegação prestada no modelo*

Classifique de 1 a 10 o sistema de rotas inserido no modelo e a clareza das rotas geradas por o mesmo

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

Precisão e clareza da versão tridimensional do modelo*

Classifique de 1 a 10 o modelo tridimensional Indoors do IGOT quanto à sua precisão à realidade e representação de informação

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

Caso queira, deixe um comentário sobre que função/informação gostaria que fosse adicionada no modelo